ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1912 Г. ТОМЪ 13. № 1.

Новый методъ химическаго анализа.



Сэръ Дж. Дж. Томсона[1]).

Я уже нѣсколько разъ пользовался случаемъ знакомить членовъ Королевскаго Института съ результатами моихъ изслѣдованій надъ положительными лучами, которымъ я посвятилъ въ послѣдніе годы много труда. Сегодня я желаю обратить ваше вниманіе на нѣкоторыя примѣненія этихъ лучей къ рѣшенію различныхъ химическихъ вопросовъ.

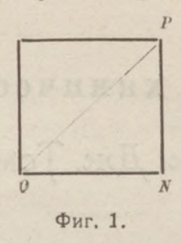
I.

Прежде всего я разсмотрю ихъ примѣненіе къ опредѣленію природы газа, находящагося въ разрядной трубкѣ, и покажу, какъ можно ими воспользоваться для производства химическаго анализа газовъ, анализа, который, какъ мы увидимъ, не только позволитъ опредѣлить присутствіе какого-либо элемента, напр. кислорода, въ разрядной трубкѣ, но и отвѣтить намъ на вопросъ, въ какой формѣ онъ тамъ находится, напримѣръ въ атомномъ, или молекулярномъ состояніи, и находятся-ли въ немъ аллотропныя видоизмѣненія, какъ озонъ O_3, или еще болѣе сложные комплексы.

Методъ состоитъ въ слѣдующемъ: положительные лучи послѣ прохожденія сквозь тонкую трубку въ катодѣ подвергаются одновременно дѣйствію магнитныхъ и электрическихъ силъ, причемъ магнитное поле расположено такъ, что вызываетъ вертикальное отклоненіе лучей, а электрическое поле—горизонтальное отклоненіе. Въ отсутствіи обоихъ полей лучи попадаютъ въ точку O на экранѣ, поставленномъ перпендикулярно къ ихъ направленію, когда-же оба поля замкнуты, лучи попадутъ на томъ-же экранѣ въ точку P, при-

[1]) Рѣчь, произнесенная въ Королевскомъ Институтѣ, Nature. 1911, № 2170.

чемъ вертикальная прямая PN равна отклоненію, произведенному магнитнымъ полемъ, а горизонтальная прямая ON отклоненію, произведенному электрическимъ полемъ (фиг. 1).



Фиг. 1.

Изъ теоріи дѣйствія электрическаго и магнитнаго поля на движущіяся наэлектризованныя частицы мы знаемъ, что

$$PN = A\frac{e}{v},\ ON = B\frac{e}{mv^2},$$

причемъ A и B обозначаютъ постоянныя, зависящія отъ силы электрическаго и магнитнаго полей и геометрическихъ данныхъ трубки, e — зарядъ частицы, m — ея массу и v — ея скорость.

Изъ этихъ отношеній слѣдуетъ, что

$$\frac{m}{e} = \frac{A^2}{B}\cdot\frac{ON}{PN^2}.$$

Лучи эти, попадая на фотографическую пластинку, дѣйствуютъ на нее въ точкѣ своего паденія, и такимъ образомъ проявленіе пластинки даетъ непрерывную регистрацію отклоненія лучей. Методы фотографированія и подробности опыта приведены мною въ Philosophical Magazine за февраль 1911 г. Значенія A и B могутъ быть точно опредѣлены при помощи методовъ, которые я далъ въ прежнихъ моихъ изслѣдованіяхъ, и такимъ образомъ измѣреніе длины ON и PN на фотографической пластинкѣ позволяетъ намъ опредѣлить значеніе $\frac{m}{e}$. Если мы желаемъ сравнить значеніе $\frac{m}{e}$ для двухъ различныхъ лучей, то нѣтъ необходимости опредѣлять A и B, — достаточно измѣрить на фотографіи длины ON и PN.

Въ виду того, что для одного и того-же типа носителей электричества $\frac{m}{e}$ постоянно и независимо отъ скорости, постоянно и $\frac{PN^2}{NO}$; слѣдовательно, геометрическое мѣсто точекъ P, т. е. снятая на фотографіи кривая, представляетъ параболу. Причина, что вмѣсто точки получаемъ кривую, заключается въ томъ, что не всѣ лучи движутся съ одинаковою скоростью, и тѣ изъ нихъ, которые движутся медленно, претерпѣваютъ бо́льшее отклоненіе, сравнительно съ другими, которые движутся быстро. Каждый типъ носителя описываетъ на пластинкѣ собственную кривую, такъ что кривыхъ получается столько, сколько есть отдѣльныхъ носителей электричества. Такимъ образомъ, изслѣдуя фотографіи, мы находимъ не только число различныхъ видовъ носителей, но и опредѣляемъ одновременно изъ размѣровъ кривыхъ атомный вѣсъ носителей,—однимъ словомъ, всю ихъ природу. Это одно изъ важнѣйшихъ преимуществъ метода, и оно выступаетъ рѣзко при сравненіи со спектральнымъ анализомъ. Если наблюдатель находитъ при помощи спектроскопа неизвѣстную линію въ спектрѣ разрядной трубки, то въ наилучшемъ случаѣ единственный выводъ, который онъ можетъ сдѣлать безъ дальнѣйшихъ изслѣдованій, будетъ тотъ, что въ трубкѣ находится какое-то неизвѣстное вещество; да и этотъ выводъ не будетъ еще достаточно обоснованъ, такъ какъ новая линія могла произойти вслѣдствіе какихъ-либо измѣненій условій разряда. Но если мы наблюдаемъ новую кривую въ спектрѣ положительныхъ лучей, то ея измѣреніе даетъ намъ сразу атомный вѣсъ вещества, которымъ она вызвана. Для примѣра я снялъ спектръ положительныхъ лучей азота, добытаго изъ воздуха, и спектръ азота, приготовленнаго изъ его химическихъ соединеній, и нашелъ, что первый спектръ содержитъ кривую, которой нѣтъ во второмъ, и что величина $\frac{m}{e}$ для этой кривой въ 40 разъ больше, чѣмъ для атома водорода[1]). Такимъ обра-

[1]) Въ дѣйствительности есть еще вторая весьма слабая линія, для которой $\frac{m}{e}$ приблизительно въ 20 разъ больше, чѣмъ для атома водорода. Она обусловлена, вѣроятно, атомомъ аргона, несущимъ два положительныхъ заряда.

зомъ мы узнаемъ, что атмосферный азотъ содержитъ элементъ съ атомнымъ вѣсомъ 40, котораго нѣтъ въ химическомъ азотѣ; элементъ этотъ, очевидно, аргонъ. Мы могли-бы и обыкновеннымъ спектральнымъ анализомъ найти въ спектрѣ атмосфернаго азота линіи, которыхъ нѣтъ въ спектрѣ химическаго азота, и стали-бы подозрѣвать присутствіе новаго элемента; но спектральный анализъ не сообщилъ-бы намъ ничего относительно природы этого элемента, между тѣмъ какъ спектръ положительныхъ лучей даетъ намъ сразу его атомный вѣсъ.

Къ тому-же методъ положительныхъ лучей гораздо чувствительнѣе спектральнаго анализа, и посредствомъ него мы можемъ открывать примѣси постороннихъ газовъ въ количествахъ столь ничтожныхъ, что самый чувствительный спектроскопъ перестаетъ отмѣчать ихъ присутствіе. Такъ, напримѣръ, посредствомъ этого метода мнѣ часто удавалось обнаруживать присутствіе гелія въ тѣхъ случаяхъ, когда спектроскопъ не показывалъ его совсѣмъ.

Слѣдовательно, разъ кривая въ спектрѣ положительныхъ лучей видна съ достаточной отчетливостью, атомный вѣсъ вызывающаго ее элемента можетъ быть опредѣленъ съ большою точностью. Несмотря на то, что методъ этотъ зародился не больше, чѣмъ нѣсколько мѣсяцевъ тому назадъ, онъ уже достаточно развитъ и даетъ возможность опредѣлить съ точностью до 1% атомный вѣсъ газообразнаго вещества, не требуя для этого больше, чѣмъ $^1/_{100}$ миллиграмма послѣдняго. Второе весьма важное преимущество новаго метода заключается въ томъ, что его чувствительность не зависитъ отъ чистоты матеріала; если матеріалъ не чистъ, то примѣси даютъ въ спектрѣ только добавочныя кривыя, но не вліяютъ на ходъ параболъ изслѣдуемаго вещества и поэтому не вызываютъ никакой ошибки въ опредѣленіи атомнаго вѣса. Методъ этотъ могъ-бы быть, повидимому, примѣненъ съ большимъ успѣхомъ не только къ опредѣленію атомныхъ вѣсовъ радіоактивныхъ эманацій, но и продуктовъ ихъ распада.

Къ тому-же, между образованіемъ лучей и ихъ восиріятіемъ фотографической пластинкою проходитъ не больше одной милліонной секунды, такъ что, если въ разрядной

трубкѣ происходитъ химическое разложенiе или соединенiе, методъ этотъ можетъ открыть присутствiе промежуточныхъ формъ соединенiй, существованiе которыхъ эфемерно, равнымъ образомъ какъ и конечныхъ продуктовъ реакцiи, что въ свою очередь позволитъ вникнуть глубже въ механизмъ химическихъ процессовъ.

II.

Я теперь покажу нѣсколько фотографическихъ снимковъ со спектровъ положительныхъ лучей. Фиг. 2-я представляетъ спектръ атмосфернаго азота; измѣренiя кривыхъ на



Атмосферный азотъ *N*.
Фиг. 2.

фотографiи показали, что атомные вѣса носителей электричества, давшихъ эти кривыя, суть слѣдующiе:

Атомн. вѣсъ.	Положит. зарядъ.	Атомн. вѣсъ.	Отрицат. зарядъ
1	H^+	1	H^-
1,99	H_2^+	—	—
6,80	N^{++}	—	—
11,40	C^+	11,20	C^-
13,95	N^+	15,2	O^-
28,1	N_2^+	—	—
39	Ar^+	—	—
100	Hg^{++}	—	—
198	Hg^+	—	—

Символъ H^+ обозначаетъ, что атомъ водорода несетъ одинъ положительный зарядъ; H_2^+, что молекула водорода

несетъ одинъ положительный зарядъ; N^{++}, что атомъ азота несетъ два положительныхъ заряда, и т. д.

Съ азотомъ, добытымъ изъ азотистокислаго аммонія NH_4NO_2, были получены слѣдующія кривыя:

Атомн. вѣсъ.	Положит. зарядъ.	Атомн. вѣсъ.	Положит. зарядъ.
6,1	C^{++}	44,2	CO_2^{+}
7,02	N^{++}	65,5	Hg^{+++} ?
12,08	C^{+}	100	Hg^{++}
14,01	N^{+}	204	Hg^{+}
27,9	N_2^{+}		

Здѣсь магнитное поле было столь сильно, что линіи, соотвѣтствующія болѣе легкимъ частичкамъ, были такъ далеко отклонены, что не попали на пластинку.

Слѣдующая фигура 3-я представляетъ спектръ положительныхъ лучей окиси углерода; здѣсь опять магнитное поле настолько сильно, что болѣе легкія частички не отмѣчены.



Окись углерода CO.

Фиг. 3.

Изъ измѣренія кривыхъ мы находимъ для атомныхъ вѣсовъ носителей электричества слѣдующія значенія:

Атомн. вѣсъ.	Положит. зарядъ.	Атомн. вѣсъ.	Положит. зарядъ.	
6,00	C^{++}	43	CO_2^{+}	
6,95	N^{++}	69,5	Hg^{+++}(?)	весьма слабо.
7,95	O^{++}	100	Hg^{++}	
12,02	C^{+}	202	Hg^{+}	
13,9	N^{+}	Атомн. вѣсъ.	Отриц. зарядъ.	
15,95	O^{+}	12	C^{-}	
28,05	CO^{+}	16	O^{-}	

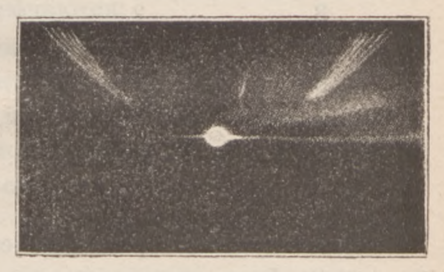
Спектръ углекислоты изображенъ на фиг. 4-й; онъ даетъ слѣдующіе атомные вѣса:

Атомн. вѣсъ.	Положит. зарядъ.	Атомн. вѣсъ.	Положит. зарядъ.
5,98	C^{++}	43,9	CO_2^{+}
8,00	O^{++}	62,5	Hg^{+++}(?) { весьма слабо.
12,00	C^{+}	99,6	Hg^{++}
16,00	O^{+}	200	Hg^{+}
28,02	CO^{+}		



Углекислота CO.

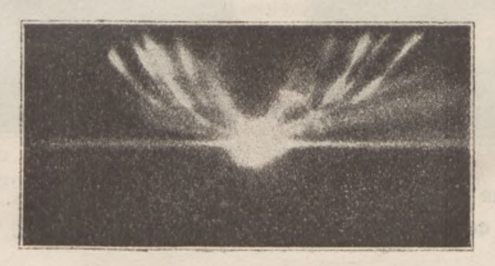
Фиг. 4.



Метанъ CH_4.

Фиг. 5.

Спектръ болотнаго газа CH_4, небольшая часть котораго съ пятью сплоченными кривыми изображена на фигурѣ 5-й,



Хлороформъ $CHCl_3$.

Фиг. 6.

интересенъ въ томъ отношеніи, что измѣренія его кривыхъ дали для атомныхъ вѣсовъ величины:

$$12, \quad 13, \quad 14, \quad 15 \text{ и } 16,$$

что отвѣчаетъ $C \quad CH \quad CH_2 \quad CH_3$ и CH_4.

Если я не ошибаюсь, это первый случай, когда удалось наблюдать существованіе радикаловъ CH, CH_2 и CH_3 въ свободномъ состояніи.

Спектръ аналогичнаго соединенія, хлороформа $CHCl_3$, изображенъ на фиг. 6-й и даетъ слѣдующіе атомные вѣса:

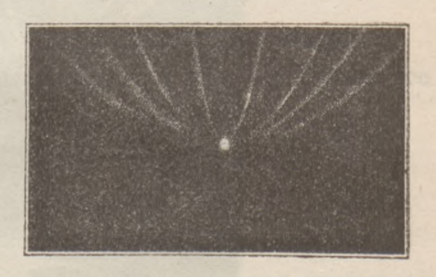
Атомн. вѣсъ.	Положит. зарядъ.	Атомн. вѣсъ.	Положит. зарядъ.	
1,0	H^+	18,5	Cl^{++}	
1,5	?	27,7	CO^+	
2	H_2^+	36	Cl^+	
3	?	46,5	CCl^+	
6	C^{++}	63	?	слабо.
8	O^{++}	81	CCl_2^+	
11,9	C^+	102	Hg^{++}	
13,7	N^+	201	Hg^+	
16	O^+			

Носители электричества съ атомными вѣсами 1,5 и 3 не могли быть отождествлены. Они встрѣчаются довольно



Кремневый водородъ SiH_4.

Фиг. 7.



Воздухъ.

Фиг. 8.

часто, такъ на фигурѣ 7-й изображенъ спектръ кремневаго водорода SiH_4, въ которомъ отвѣчающія имъ линіи видны отчетливо, хотя слабо. Фиг. 8-я представляетъ спектръ положительныхъ лучей воздуха, снятый при условіяхъ, дающихъ весьма узкія линіи, которыя могутъ быть очень точно измѣрены.

III.

Остановимся теперь на нѣкоторыхъ результатахъ, къ которымъ привело насъ разсмотрѣніе этихъ фотографій. Изъ нихъ мы убѣждаемся, во-первыхъ, въ томъ, что газъ, черезъ который проходитъ электрическій разрядъ, представляетъ нѣчто гораздо болѣе сложное, чѣмъ собраніе равныхъ между собою молекулъ. Даже элементарный газъ становится при этихъ условіяхъ смѣсью разнообразныхъ веществъ. Такъ, если взять для примѣра кислородъ, то изъ анализа фотографій оказывается, что при прохожденіи черезъ него тока въ немъ заключаются:

1) обыкновенныя молекулы кислорода O_2;

2) нейтральные атомы кислорода O;

3) атомы кислорода съ 1 положительнымъ зарядомъ O^+;

4) атомы кислорода съ 2 положительными зарядами O^{++};

5) атомы кислорода съ 1 отрицательнымъ зарядомъ O^-;

6) молекулы кислорода съ 1 положительнымъ зарядомъ O_2^+;

7) озонъ съ положительнымъ зарядомъ O_3^+;

8) O_6 съ положительнымъ зарядомъ O_6^+.

Вдобавокъ тамъ еще находятся свободные отрицательные корпускулы (электроны). Такимъ образомъ въ элементарномъ газѣ, черезъ который проходитъ разрядъ, мы имѣемъ по крайней мѣрѣ девять отдѣльныхъ веществъ. Каждое изъ нихъ обладаетъ, безъ сомнѣнія, различными свойствами и, вѣроятно, характернымъ спектромъ. Если возьмемъ какой-нибудь другой газъ, то найдемъ то же самое явленіе. Такъ, въ водородѣ мы имѣемъ H, H_2, H^+, H_2^+, H^-, даже если не приписывать водороду линій, дающихъ $\frac{m}{e} = 1{,}5$ или 3. Въ азотѣ мы имѣемъ N, N_2, N^+, N^{++}, N_2^+, углеродъ встрѣчается какъ C^+, C^{++}, C^-; хлоръ—какъ Cl, Cl_2, Cl^+, Cl^{++} и Cl^-; ртуть—какъ Hg, Hg^+, Hg^{++} и, вѣроятно, Hg^{+++}, такъ какъ всегда выступаетъ весьма отчетливая линія, для которой $\frac{m}{e}$ равно приблизительно 66.

Такимъ образомъ элементарный газъ всякій разъ, какъ черезъ него проходитъ токъ, и вѣроятно всякій разъ, какъ

онъ іонизированъ, становится смѣсью различныхъ веществъ. Съ этой точки зрѣнія легко понять, почему въ спектрахъ многихъ элементовъ нѣкоторыя линіи могутъ быть такъ сгруппированы вмѣстѣ, что образуютъ различныя серіи: главную серію, первую координированную серію и т. д., а спектръ разрядной трубки можно разсматривать, какъ наложеніе различныхъ спектровъ, относительная яркость которыхъ можетъ колебаться въ весьма широкихъ предѣлахъ. Вѣдь въ самомъ дѣлѣ, точно такая-же картина должна получиться, если нѣкоторыя, или всѣ вещества, находящіяся въ іонизированномъ газѣ, будутъ давать каждое отдѣльные спектры.

IV.

Вторая въ высшей степени интересная особенность съ точки зрѣнія теоріи химическаго соединенія—это присутствіе отрицательно заряженныхъ частицъ. Разсмотримъ сначала, какъ онѣ образуются. Онѣ образуются уже послѣ того, какъ частички прошли черезъ катодъ; на пути между катодомъ и фотографической пластинкой существуетъ изобиліе электроновъ, образованныхъ іонизаціей газа; нейтральная частица послѣ своего перехода черезъ катодъ захватываетъ по дорогѣ электронъ и становится такимъ образомъ отрицательно заряженной. Для того, чтобы это могло случиться, необходимо, чтобы притяженіе между электрономъ и нейтральною частицею было весьма сильно, такъ какъ здѣсь не идетъ рѣчь о притяженіи покоющеюся частицею блуждающаго вблизи нея электрона. Въ нашемъ случаѣ нейтральная частица пробѣгаетъ возлѣ электрона со скоростью порядка 10^8 см. въ секунду. Чтобы частица могла при этихъ условіяхъ потянуть за собою электронъ, притяженіе между ними должно быть столь велико, чтобы работа, затрачиваемая противъ силы притяженія на удаленіе электрона съ поверхности частицы въ безконечность, была того же порядка, какъ работа, необходимая для сообщенія электрону скорости въ 10^8 см. въ секунду; она равна приблизительно работѣ, расходуемой при передвиженіи атомнаго заряда противъ разницы потенціала въ 3 вольта, и такимъ образомъ сравнима съ работою, требуемой для диссоціаціи наиболѣе устойчивыхъ химическихъ соединеній.

Итакъ, тотъ фактъ, что нѣкоторыя частицы заряжаются отрицательно, показываетъ намъ, что въ нейтральномъ состояніи онѣ обладаютъ крайне сильнымъ сродствомъ къ отрицательно наэлектризованной частицѣ, отсутствіе-же въ другихъ случаяхъ отрицательно наэлектризованныхъ частицъ указываетъ на то, что ихъ сродство къ электрону гораздо меньшее; очевидно, мы не въ правѣ сдѣлать вывода, что оно совсѣмъ исчезаетъ. Изъ вышеуказаннаго слѣдуетъ, что чѣмъ медленнѣе движутся нейтральныя частицы относительно электроновъ, тѣмъ легче должны образовываться отрицательно наэлектризованныя системы. Это блестяще подтверждается нашими опытами, потому что когда разрядъ въ трубкѣ происходитъ легко, и, значитъ, скорость нейтральныхъ частицъ сравнительно мала, число отрицательно наэлектризованныхъ частицъ значительно увеличивается. И въ самомъ дѣлѣ, въ нѣкоторыхъ случаяхъ яркость той части фотографіи, которая отвѣчаетъ отрицательнымъ частицамъ, не меньше яркости второй части, отвѣчающей положительнымъ; но когда разрядъ проходитъ съ большимъ трудомъ, а, слѣдовательно, скорость нейтральныхъ частицъ значительна, то отрицательная часть спектра весьма слаба въ сравненіи съ положительною.

Вотъ частицы, отмѣченныя на отрицательной сторонѣ спектра: водородный атомъ, углеродный атомъ, кислородный атомъ и атомъ хлора. Присутствія атомовъ хлора и кислорода можно было, пожалуй, ожидать, такъ какъ они общепризнаны, какъ сильно электро-отрицательные элементы, т. е. элементы, обладающіе сильнымъ сродствомъ къ отрицательному электричеству. Труднѣе объяснить присутствіе водорода, который привыкли считать сильно электроположительнымъ элементомъ, и который на нашихъ фотографіяхъ всегда выступалъ на отрицательной сторонѣ отчетливѣе, чѣмъ всѣ остальныя частицы, часто, когда не было видно никакихъ другихъ линій въ отрицательной части спектра съ достаточною отчетливостью, линіи водорода выступали ясно и рѣзко. Это явленіе тѣмъ замѣчательнѣе, что атомъ водорода, какъ самый легкій, движется съ наибольшею скоростью относительно электроновъ и поэтому, при прочихъ равныхъ условіяхъ, обладаетъ наименьшими данными для

увлеченія съ собою электрона. Чѣмъ тяжелѣе частица, чѣмъ меньше ея скорость, тѣмъ больше ея шансы увлечь электронъ; то обстоятельство, что полное отсутствіе тяжелыхъ и сложныхъ частицъ въ отрицательной части спектра сразу бросается въ глаза, указываетъ намъ, что ихъ притяженіе къ электронамъ весьма слабо въ сравненіи съ притяженіемъ, оказываемымъ на послѣдніе атомомъ водорода. Мы увидимъ, что и атомъ углерода, который тоже считаютъ электроположительнымъ, постоянно выступаетъ въ отрицательной части спектра.

V.

Разсматривая перечень частицъ, появляющихся въ отрицательной части, мы не можемъ не замѣтить того, что онѣ всѣ суть атомы, и что между ними нѣтъ ни одной молекулы. Въ то время какъ кривая, отвѣчающая отрицательно заряженному атому водорода, встрѣчается на каждой пластинкѣ, нѣтъ ни одной пластинки, на которой выступала-бы кривая отрицательно заряженной молекулы водорода, не смотря на то, что кривыя положительно заряженныхъ молекулъ всегда присутствуютъ и всегда сильнѣе выражены, чѣмъ кривыя положительныхъ атомовъ водорода. Далѣе, на нѣкоторыхъ пластинкахъ положительная молекула кислорода запечатлѣна сильнѣе положительнаго атома, но на отрицательной части виденъ только атомъ.

Такимъ образомъ только нейтральные атомы, но не нейтральныя молекулы, способны оказывать то громадное притяженіе, которое при условіяхъ этихъ опытовъ необходимо для того, чтобы быстро движущіяся частички могли связать съ собою электронъ. Свойство это мы можемъ сравнить съ состояніемъ тѣлъ, которое химики называютъ „in statu nascendi“, т. е. когда тѣла свѣже выдѣлены изъ химическихъ соединеній и по всему вѣроятію находятся отчасти въ видѣ атомовъ, потому что атомы, какъ мы видѣли, проявляютъ гораздо болѣе сильное дѣйствіе на сосѣдніе отрицательные заряды, чѣмъ молекулы.

Мы можемъ сравнить дѣйствіе, оказываемое нейтральнымъ атомомъ на электроны, съ дѣйствіемъ нейтральнаго металлическаго проводника на находящееся вблизи заряжен-

ное тѣло. Вслѣдствіе электростатической индукціи зарядъ и металлъ станутъ взаимно притягиваться. Притяженіе это обусловлено тѣмъ, что электричество можетъ передвигаться въ металлѣ подъ вліяніемъ электрическихъ силъ, вызванныхъ зарядомъ, и такъ перегруппироваться, что отрицательное электричество передвинется къ части металла наиболѣе близкой къ заряду, а положительное къ наиболѣе удаленной отъ него. Сила, дѣйствующая между металломъ и электрическимъ зарядомъ, зависитъ отъ свободы, съ которою электричество можетъ передвигаться въ металлѣ подъ вліяніемъ электростатическаго поля. Если металлъ замѣнить веществомъ съ большою индуктивною способностью, какъ сѣра, въ которой электричество обладаетъ достаточною свободою перемѣщенія, но далеко не въ столь высокой степени, какъ въ металлѣ, то протяженіе обнаруживается еще, хотя гораздо слабѣе, чѣмъ въ случаѣ металла. Весьма простой опытъ пояснитъ это. У меня на картонномъ дискѣ, подвѣшенномъ на длинной нити расположено много такихъ магнитовъ, какіе употребляютъ для буссолей. Если я ихъ помѣщу на остріяхъ такъ, чтобы они могли свободно вращатьсл, то система этихъ магнитовъ сильно притягивается въ случаѣ приближенія къ ней другого магнита; но если я сниму магниты съ остріевъ, такъ что они уже не будутъ больше въ состояніи вращаться, то магнитъ станетъ ихъ притягивать крайне слабо.

Взглядъ на природу химическаго соединенія, который я высказалъ недавно въ „Philosophical Magazine", а также въ моей „Корпускулярной теоріи", позволяетъ предполагать, что существуетъ тѣсная аналогія между причинами, которыя вызываютъ наблюденныя въ этомъ опытѣ явленія и свойствами атомовъ и молекулъ. Эта теорія предполагаетъ, что атомъ состоитъ изъ большого числа электроновъ, расположенныхъ внутри сферы положительнаго электричества, причемъ электроны размѣщены такъ, что находятся въ равновѣсіи подъ вліяніемъ собственныхъ отталкивательныхъ силъ и притяженія положительнаго электричества. Конфигурація зависитъ отъ числа электроновъ, и вмѣстѣ съ нимъ измѣняется устойчивость системы. Для нѣкоторыхъ частныхъ величинъ числа электроновъ система характеризуется особенною устойчивостью и неизмѣнностью и оказываетъ

сильное сопротивленіе всякому движенію электроновъ. Въ виду того, что перемѣщеніе электричества внутри атома совершается при помощи движенія электроновъ, электричество могло-бы передвигаться внутри такихъ атомовъ только съ большимъ трудомъ; очевидно, они оказывали-бы тогда весьма слабое дѣйствіе на внѣшніе электрическіе заряды и поэтому не вступали-бы легко въ соединеніе съ другими атомами. Мы можемъ приписать такое строеніе атомовъ недѣятельнымъ газамъ: гелію, неону, аргону и криптону. Система, заключающая на одинъ, два или три электрона больше, чѣмъ вышеописанныя, не отличалась-бы уже такою устойчивостью и стремилась-бы освободиться отъ лишнихъ электроновъ, чтобы возвратиться къ болѣе устойчивой формѣ. Мы можемъ представить себѣ въ общихъ чертахъ атомъ съ однимъ лишнимъ электрономъ, какъ состоящій изъ извѣстнаго числа неподвижныхъ электроновъ плюсъ одинъ подвижный электронъ; свобода послѣдняго даетъ возможность электричеству перемѣщаться внутри атома и, слѣдовательно, сообщаетъ атому свойство притягивать находящіеся вблизи него электрическіе заряды. Если въ атомѣ на два электрона больше, чѣмъ требуется для его наиболѣе устойчивой формы, то мы можемъ разсматривать атомъ, какъ состоящій изъ двухъ свободныхъ электроновъ, а всѣ остальные въ немъ неподвижны. Аналогично разсуждаемъ и для большаго числа лишнихъ электроновъ. Такимъ образомъ, мы можемъ разсматривать атомъ, какъ обладающій 0, 1, 2, 3 электронами, которые могутъ двигаться съ большею или меньшею легкостью и этимъ придаютъ атому способность притягивать электрическіе заряды въ разнообразной степени, въ зависимости отъ числа электроновъ и свободы, съ которою они могутъ перемѣщаться. По теоріи, о которой я упомянулъ, число этихъ свободныхъ электроновъ опредѣляетъ валентность атома.

Теперь допустимъ, что два такихъ атома приблизились на столько, что электроны одного изъ нихъ обнаруживаютъ сильное дѣйствіе на электроны второго. Тогда система, состоящая уже изъ двухъ атомовъ, перегруппируется такъ, чтобы перейти въ болѣе устойчивую форму, причемъ, если это потребуется, электроны будутъ переходить отъ одного

атома къ другому. Однако, большая устойчивость всегда связана съ потерею подвижности, потому что электроны вошли въ составъ болѣе устойчивой системы и въ зависимости отъ этого потеряли въ большой или меньшей степени свою подвижность. Но съ послѣднею непосредственно связана способность электроновъ оказывать дѣйствіе на электрическіе заряды, такъ что взаимное соединеніе атомовъ въ значительной степени ослабляетъ обнаруживаемыя ими въ свободномъ состояніи внѣшнія силы притяженія. Въ общемъ, можно сказать, что съ этой точки зрѣнія соединеніе атомовъ въ молекулы сложныхъ или элементарныхъ тѣлъ закрѣпляетъ электроны, которые были прежде подвижными, и превращаетъ атомы изъ проводниковъ электричества въ изоляторы съ малою удѣльною индуктивною способностью.

Я остановился на этихъ явленіяхъ съ цѣлью показать вамъ, что мы обладаемъ теперь методами, позволяющими оперировать съ гораздо меньшими количествами матеріи, чѣмъ современные химическіе методы. Сверхъ того, методы эти позволяютъ открывать промежуточныя фазы въ процессахъ химическаго соединенія и, благодаря этому, какъ я надѣюсь, прольютъ свѣтъ на одинъ изъ наиболѣе интересныхъ и таинственыхъ вопросовъ физики и химіи, на природу химическаго соединенія.

Практическія цѣли физики.

Б. П. Вейнберга.

Всякая наука кромѣ идеальныхъ своихъ цѣлей расширенія и углубленія знаній человѣка въ данной области, чѣмъ удовлетворяется одна изъ насущнѣйшихъ потребностей человѣческаго духа: „знать“—преслѣдуетъ также цѣли практическія, удовлетворяющія потребности человѣческаго тѣла—цѣли, увеличивающія наслажденіе и уменьшающія страданіе.

Человѣкъ, какъ мыслящее существо, долженъ ставить умственныя наслажденія и страданія на первомъ планѣ, но весьма и весьма часто возможность умственныхъ наслажденій и отсутствіе умственныхъ страданій обусловливается наличностью соотвѣтствующихъ условій для человѣческаго тѣла: достаточно, въ качествѣ примѣровъ, указать на людей, которымъ приходится все время работать для того, чтобы пропитать себя и семью, и на людей, которые живутъ такъ далеко отъ центровъ культуры, что къ нимъ не проникаетъ самый простой проводникъ знаній—книга. Такимъ образомъ достиженіе практическихъ цѣлей науки, хотя косвенно, но служитъ все-таки и идеальнымъ ея цѣлямъ,—и эти практическія цѣли поэтому не менѣе существенны, чѣмъ идеальныя.

Врядъ-ли у какой-либо другой науки практическія цѣли такъ широки и обширны, какъ у физики въ широкомъ смыслѣ этого слова, если, понимая ее, какъ „науку, изучающую различныя формы энергіи и общія условія ихъ взаимной превращаемости“ [1]), приключить сюда и химію, изучающую главнымъ образомъ энергію химическую, и механику, изучающую явленія, обусловливаемыя энергіею кинетическою. Въ самомъ дѣлѣ, наши тѣлесныя наслажде-

---

[1]) Проф. Гезехусъ, I часть „Осн. Вопр.“, стр. 3.

нія и страданія почти всегда вызываются какимъ нибудь внѣшнимъ воздѣйствіемъ, т. е. обмѣномъ энергіею съ какимъ либо внѣшнимъ предметомъ, а судить о наличности этого внѣшняго воздѣйствія—и, соотвѣтственно этому, вызывать или уничтожать его,—какъ судить вообще о чемъ либо [1]), мы можемъ лишь при помощи нашихъ внѣшнихъ чувствъ. Внѣшнее-же чувство даетъ намъ свѣдѣнія лишь при обмѣнѣ соотвѣтствующею энергіею между органомъ этого чувства и внѣшнимъ предметомъ или, короче, при дѣйствіи на этотъ органъ соотвѣтствующаго физическаго дѣятеля—вещества, силы, теплоты, звука, свѣта, вкуса и запаха.

Такимъ образомъ для того, чтобы вызвать въ насъ любое ощущеніе, мы должны умѣть вызвать какое угодно дѣйствіе какого угодно физическаго дѣятеля,—а въ этомъ и заключаются практическія цѣли физики.

Каждый изъ физическихъ дѣятелей дѣйствуетъ во времени и въ пространствѣ, и потому мы должны умѣть мѣнять его соотношеніе со временемъ и пространствомъ. Что касается до времени, то, очевидно, возможны по отношенію къ каждому изъ физическихъ дѣятелей лишь слѣдующія четыре задачи: 1) вызвать существованіе даннаго физическаго дѣятеля или опредѣленнаго его вида; 2) продлить существованіе; 3) укоротить существованіе; 4) прекратить существованіе.

По отношенію же къ пространству, если насъ не интересуетъ вопросъ о времени, втеченіе котораго мы измѣняемъ отношеніе даннаго физическаго дѣятеля къ пространству, возможна слѣдующая задача: измѣнить форму, объемъ и положеніе той части пространства, гдѣ проявляетъ свое дѣйствіе физическій дѣятель.

Если же мы интересуемся и временемъ, втеченіе котораго происходитъ такое измѣненіе, то мы приходимъ къ послѣдней задачѣ: передать изъ одной части пространства въ другую дѣйствіе физическаго дѣятеля—и притомъ передать въ возможно болѣе короткій промежутокъ времени.

Если исключить задачи, относящіяся ко вкусу и запаху, такъ какъ вкусъ и запахъ всегда непосредственно связаны

---

[1]) См. статью „Источники нашихъ свѣдѣній о внѣшнемъ мірѣ". I часть „Осн. Вопр.", стр. 17—29.

съ какимъ нибудь веществомъ, и если разсматривать задачи объ укороченiи и прекращенiи существованiя лишь какъ обратную сторону задачъ объ удлиненiи и вызыванiи существованiя, то число задачъ, подлежащихъ разсмотрѣнiю, сведется къ 4 задачамъ—создать, сохранять, перемѣстить, передавать—по отношенiю къ 5 физическимъ дѣятелямъ—вещество, сила, теплота, звукъ, свѣтъ.

При этомъ необходимо принять во вниманiе, что такъ какъ эти цѣли физики—практическiя, то физика должна не только дать методъ общаго рѣшенiя той или другой изъ этихъ 20 задачъ, но и методы рѣшенiя ея въ тѣхъ частныхъ случаяхъ, въ которыхъ людямъ приходится ее рѣшать, а именно—считаться съ тѣмъ, что человѣкъ живетъ на поверхности земного шара, и что въ окружающей его природѣ вещество, сила, теплота, звукъ и свѣтъ существуютъ и дѣйствуютъ независимо отъ человѣка.

Попробуемъ сдѣлать обзоръ того, поскольку физикѣ удалось рѣшить каждую изъ этихъ 20 задачъ, причемъ по неволѣ ограничимся по отношенiю къ каждой изъ нихъ лишь нѣсколькими примѣрами, потому что исчерпывающiй перечень рѣшенiй былъ-бы перечнемъ всего матерiальнаго прогресса человѣчества. То-же относится и къ таблицѣ I, которая резюмируетъ собою послѣдующее изложенiе этихъ успѣховъ.

Жирнымъ шрифтомъ въ этой таблицѣ отмѣчены задачи, до сихъ поръ не нашедшiя себѣ разрѣшенiя, а курсивомъ—тѣ, которыя нашли себѣ практическое разрѣшенiе въ послѣднiе 30—40 лѣтъ и являлись неразрѣшенными и даже неразрѣшимыми для предыдущаго поколѣнiя человѣчества.

Начнемъ съ вещества. Законъ вѣчности вещества лишаетъ человѣка возможности создать хоть биллiонную долю миллиграмма вещества вообще, но онъ нисколько не препятствуетъ созданiю—путемъ реакцiй соединенiя, разложенiя и двойного обмѣна—любыхъ количествъ новыхъ видовъ вещества, новыхъ матерiаловъ. А какое значенiе имѣетъ научиться получать новый матерiалъ, можно видѣть изъ названiя цѣлой эпохи жизни человѣчества по имени новаго матерiала: бронзовый вѣкъ. Сталь, стекло, алюминiй, сахаръ, порохъ, спиртъ, свѣтильный газъ—вотъ еще

Таблица I.

	Вещество.	Силу.	Теплоту.	Звукъ.	Свѣтъ.
Создать.	Искусственное приготовленіе различныхъ матеріаловъ. Животно-, птице- и рыбо-водство. Земледѣліе. **Обработка воды и воздуха.**	Полученіе различныхъ видовъ силы и энергіи. Пользованіе энергіею вѣтра, падающей воды, волны. Полученіе работы за счетъ тепловой энергіи. **Полученіе работы изъ химической энергіи.** Утилизація лучистой энергіи солнца.	Полученіе теплоты за счетъ химическ. энергіи. Приготовлен. пищи, выплавка металловъ, стекольное производст., гончарное дѣло. Холодильн. дѣло.	Источники звука. Музыкальные инструменты. Резонаторные ящики.	Источники свѣта. Окрашиваніе тѣлъ. Писаніе и рисованіе.
Сохранять.	Консервированіе различныхъ матеріаловъ и предметовъ. Зданіе; сосуды. Машинное производство различныхъ предметовъ. Книгопечатаніе.	Аккумулированіе энергіи. Деформируемыя упругія тѣла; маховыя колеса и гиростаны, постоянные магниты; *электрическіе аккумуляторы*; взрывчатыя вещества.	Одежда, жилища. Ледники Сосуды Дюара.	Письменность. Ноты. *Фонографъ.*	Живопись, скульптура. Фотографія, одноцвѣтная и въ *натуральныхъ цвѣтахъ*. Стереоскопія. *Кинематографія.* **Стереокинематографія и кинематогр. въ натуральн. цвѣтахъ.**
Перемѣстить.	Изолированіе вещественныхъ тѣлъ отъ вещественныхъ тѣлъ. Прессованіе; сжатые газы. Всевозможныя издѣлія изъ твердыхъ тѣлъ. Проникновеніе вглубь земли и воды, въ необитаемыя мѣстности, въ верхніе слои атмосферы. Перемѣщеніе различныхъ предметовъ. Горное дѣло; канализація воды, газа, отбросовъ	Изоляція наэлектризован. тѣлъ и проводниковъ съ токомъ. Экранированіе отъ магнитныхъ и электрическихъ силъ. Рычаги и другіе простыя и сложныя машины.	Утюгъ. Канализація горячей воды. Паровое и водяное отопленіе.	Рупоръ, говорныя и слуховыя трубы. Раціональное устройство аудиторій.	Оптическіе инструменты. Прожекторы, проекціонные приборы, телескопъ, микроскопъ, *ультрамикроскопъ.*
Передавать.	Движеніе по твердой и жидкой поверхности земли, подъ поверхностью земли, *подъ водою* и *по воздуху*. Артиллерійское искусство; пневматическая почта.	Передача силы упругими и твердыми, жидкими и газообразными тѣлами. Передача энергіи при посредствѣ электромагнитныхъ силъ. Электромагнитный телеграфъ; *телеграфъ безъ проводовъ*; электродвигатели; *электрическіе трамваи.* **Передача энергіи безъ проводовъ.**	Электрическое отопленіе.	*Телефонія по проводамъ и безъ проводовъ.*	*Электрическое освѣщеніе. Передача изображеній на разстояніе.* **Передача ряда быстро смѣняющихся картинъ на разстояніе.**

нѣсколько примѣровъ матеріаловъ, которые тѣмъ или инымъ путемъ добываются изъ матеріаловъ, встрѣчающихся въ природѣ, и каждый изъ которыхъ играетъ громадную роль въ жизни современнаго человѣка.

Въ ту-же задачу полученія различныхъ веществъ входитъ способствовать природѣ вырабатывать необходимые матеріалы, а именно, животно-водство, птице-водство, рыбоводство и растеніе-водство, т. е. земледѣліе въ самомъ широкомъ смыслѣ этого слова.

Что же касается не земной, а водной и газообразной оболочекъ земнаго шара, то человѣчество пока лишь разсматриваетъ ихъ, какъ кладбища для отбросовъ, и, заботясь уже объ очисткѣ питьевой воды, пока позабываетъ о томъ, что при быстро уменьшающемся количествѣ неразработанной и не заселенной земли придется скоро, и даже очень скоро, ибо нѣсколько столѣтій есть мгновеніе въ жизни человѣчества, подумать и о воздухѣ, такъ какъ скоро воздухъ начнетъ обогащаться углекислотою, придется заняться и обработкою воздуха, и обработкою воды. Первые робкіе шаги въ этомъ направленіи представляетъ собою полученіе азотистой кислоты изъ азота и кислорода воздуха при помощи электрическихъ печей (одна изъ лучшихъ—проф. В. Ф. Миткевича).

Но, хотя законъ вѣчности вещества полагаетъ человѣку предѣлъ и по отношенію къ уничтоженію вещества, воздѣйствіе окружающихъ веществъ ведетъ къ постепенному исчезновенію, порчѣ, разрушенію любого даннаго вида вещества, если еще оно не несетъ само въ себѣ условій предстоящаго распада, какъ это имѣетъ мѣсто по отношенію ко многимъ матеріаламъ органическаго происхожденія. Вслѣдствіе этого человѣчеству пришлось озаботиться рѣшеніемъ задачи о сохраненіи вещества, какъ по отношенію къ различнымъ матеріаламъ, такъ и по отношенію къ различнымъ предметамъ, сдѣланнымъ изъ этихъ матеріаловъ или непосредственно взятымъ изъ природы.

И въ рѣшеніи задачи консервированія различныхъ вещей,—начиная отъ фруктовъ и кончая трупами,—человѣчество достигло большихъ успѣховъ, причемъ средствами для рѣшенія ея являются зданія и сосуды. По-

роховой погребъ, кладовая со стальными стѣнами для драгоцѣнностей, громадный газ-гольдеръ, вотъ нѣкоторые примѣры цѣлесообразныхъ зданій, а жестянки для консервовъ, бумажныя коробки для папиросъ, стклянки для большинства жидкостей, резиновые мѣшки для кислорода—нѣкоторые примѣры цѣлесообразныхъ сосудовъ.

Но консервировать на вѣки—невозможно, и отсюда вытекло стремленіе воспроизводить потерявшіе свои свойства предметы. Это стремленіе—вмѣстѣ со стремленіемъ многихъ людей имѣть одинаковые предметы (ввиду невозможности обладанія однимъ и тѣмъ-же)—привело къ имѣющему колоссальное значеніе въ жизни современнаго человѣчества машинному производству различныхъ предметовъ. Чтобы быть короче, укажу лишь одинъ примѣръ—книгопечатаніе, но подчеркну, что во всѣхъ рѣшительно случаяхъ машиннаго производства первый образецъ производится руками человѣка.

Перейду теперь къ пространственнымъ измѣненіямъ, которымъ можно подвергать вещественныя тѣла, и въ качествѣ первой разновидности этой задачи остановлюсь на сохраненіи неизмѣнности этихъ пространственныхъ отношеній, т. е. на изолированіи опредѣленныхъ вещественныхъ тѣлъ въ нѣкоторомъ пространствѣ и на изолированіи опредѣленной части пространства отъ опредѣленныхъ вещественныхъ тѣлъ. Такая изоляція имѣетъ часто цѣлью сохраненіе изолируемаго предмета, но не всегда, такъ что задача изоляціи иногда совершенно самостоятельна. Постройка жилищъ и методы замыканія дверей въ частности, устройство кладбищъ, ассенизація, водолазный колоколъ—вотъ примѣры случаевъ, гдѣ цѣлью является изолированіе, а не сохраненіе.

Что-же касается измѣненій пространственныхъ отношеній, то они могутъ состоять въ измѣненіи объема, въ измѣненіи формы и въ измѣненіи положенія, въ качествѣ примѣровъ измѣненія объема можно указать прессованіе, перевозку сжатыхъ газовъ. Примѣры же измѣненія формы окружаютъ насъ со всѣхъ сторонъ,—и при этихъ измѣненіяхъ мы пользуемся деформаціями упругими—пружинная мебель, заплетенная коса,—пластическими—

ковка металловъ, гнутіе дугъ и стульевъ, дутье стекла, лѣпка изъ глины—и хрупкими—раздѣленіе на части или отдѣленіе частей при обработкѣ дерева, камня и металловъ и т. д., и т. д.

Если-бы мы могли только измѣнять объемъ и форму вещественныхъ тѣлъ, но не мѣнять ихъ положенія, то это было-бы лишь, какъ говорится, полъ-дѣла,—и очень важною практическою цѣлью физики является умѣніе перемѣститъ тотъ или другой предметъ. Человѣкъ первобытный умѣлъ перемѣщать самого себя и сравнительно небольшіе предметы лишь по поверхности земли—и то на не очень большія разстоянія—да отчасти по водной поверхности земли. Человѣкъ-же нынѣшній проникаетъ и самъ и своими приборами и вглубь земли, и подъ поверхность воды, и въ тѣ мѣста поверхности земли, куда вслѣдствіе особыхъ условій не ступала въ прежнія времена нога человѣка (скоро, впрочемъ, запасъ такихъ мѣстъ будетъ исчерпанъ) и въ верхніе слои атмосферы. Еще какъ примѣры случаевъ, гдѣ важно лишь умѣть перемѣстить вещественный предметъ, а время, втеченіе котораго это перемѣщеніе происходитъ, играетъ менѣе важную роль, приведу горное дѣло, имѣющее цѣлью переноску различныхъ предметовъ изъ нѣдръ земли на ея поверхность, канализацію воды, газа, отбросовъ, нефтепроводы.

Но vita nostra brevis est. Ввиду этого житейское правило „тише ѣдешь, дальше будешь“ замѣняется во многихъ случаяхъ практики предпочтеніемъ этому правилу закона физики: „пройденный за нѣкоторое время путь пропорціоналенъ средней быстротѣ движенія“,—и физика научила человѣка двигать и самого себя, и громадные предметы и по поверхности земли, и по поверхности воды и притомъ при помощи матеріаловъ болѣе тяжелыхъ, чѣмъ вода,—и подъ поверхностью земли, и подъ поверхностью воды, и по воздуху—и двигаться со скоростями, въ десятки разъ превышающими скорость движенія человѣка. Для передвиженій на небольшія сравнительно разстоянія—въ нѣсколько километровъ, максимумъ, въ 20—30 километровъ—люди умѣютъ достигать и большихъ скоростей: не въ нѣсколько десятковъ километровъ въ часъ, а въ нѣсколько десятковъ километровъ въ минуту,—артиллерійское искусство, пневматическая почта.

Перейдемъ теперь къ силѣ. Если мы преодолѣваемъ нѣкоторую силу на протяженіи нѣкотораго пространства, то мы говоримъ, что совершаемъ работу, а способность какого нибудь тѣла или системы тѣлъ произвести опредѣленную работу, называемъ энергіею.

Человѣчеству важно умѣть уравновѣшивать любую силу,—важно, напримѣръ, чтобы его зданія и другія сооруженія могли устоять противъ силы вѣтра, противъ вѣса различныхъ грузовъ, противъ силы инерціи снарядовъ и т. д.,—и важно умѣть преодолѣвать любую силу—важно, напримѣръ, чтобы подъемныя машины дѣйствительно поднимали грузы, чтобы поѣздъ преодолѣвалъ силы тренія и сопротивленіе воздуха и т. п. Для уравновѣшиванія силы нужна только сила съ небольшою сравнительно первоначальною затратою энергіи, а для постояннаго преодолѣванія силы—и постоянная наличность силы, и постоянная трата энергіи.

Различные виды силы различаются условіями, при которыхъ они возникаютъ, и условіями, при которыхъ проявляется ихъ дѣйствіе,—и людямъ далеко не безразлично, отъ какого вида силы получать энергію и какой видъ силы получать отъ данной энергіи. Вѣтряная мельница не будетъ дѣйствовать отъ льющейся внизъ воды, а водяная—отъ вѣтра. Одну и ту-же работу мы можемъ затратить на то, чтобы завести пружину часовъ, и на то, чтобы вращать нѣкоторое время динамомашину,—и, конечно, сила упругости пружины и электромагнитныя силы въ отдаленномъ электромагнитѣ, питаемомъ токомъ отъ этой динамомашины, будутъ весьма разниться другъ отъ друга по ихъ значенію для насъ.

Соотвѣтственно различнымъ видамъ силы мы говоримъ о различныхъ видахъ энергіи,—и такимъ образомъ задача „создать силу" сводится къ умѣнью получить различные виды, какъ силы, такъ и энергіи.

Но количественно энергія не создаваема и не уничтожаема, и желаемое количество желаемаго вида энергіи мы можемъ получить только за счетъ какой нибудь другой энергіи. Въ окружающемъ насъ пространствѣ имѣются громадные запасы энергіи, и человѣчество уже давно научи-

лось урывать себѣ кое-что изъ этого запаса. Пользованіе энергіею вѣтра, текущей и падающей воды, волнъ представляетъ слабыя попытки въ этомъ направленіи, которыя совершенно затмилъ въ прошломъ столѣтіи, не даромъ называемомъ вѣкомъ пара, такой источникъ работы, какъ тепловая энергія.

Эту энергію мы получаемъ отъ топлива—т. е. за счетъ химической энергіи продуктовъ растительнаго (а также животнаго) царства, которая въ свою очередь получается за счетъ лучистой энергіи солнца, являющейся источникомъ всей почти энергіи на землѣ,—и важнѣйшими задачами прикладной физики въ ближайшемъ будущемъ являются непосредственное полученіе работы за счетъ химической энергіи и непосредственная утилизація солнечной энергіи или, по крайней мѣрѣ, изысканіе методовъ болѣе полной утилизаціи ея, чѣмъ мы достигаемъ въ настоящее время посредствомъ самаго мощнаго ея поглотителя и преобразователя—растенія.

Наряду съ закономъ сохраненія энергіи имѣется законъ разсѣянія энергіи, по которому энергія всегда стремится распредѣлиться равномѣрно по пространству, и приходится изыскивать средства для того, чтобы сохранять энергію. Современная физика уже снабдила человѣчество рядомъ разнообразныхъ хранителей запаса энергіи или аккумуляторовъ энергіи, наиболѣе характерные изъ которыхъ суть деформируемыя упругія тѣла, маховыя колеса и гироскопы (вспомнимъ гироскопическіе однорельсовыя желѣзныя дороги), постоянные магниты, электрическіе аккумуляторы, взрывчатыя вещества.

Умѣя достаточно хорошо сохранять различные виды энергіи, мы умѣемъ, слѣдовательно, какъ бы изолировать силу и изолировать себя отъ силы. Болѣе непосредственными примѣрами можетъ служить изоляція наэлектризованныхъ тѣлъ и проводниковъ съ токомъ и экранированіе отъ магнитныхъ силъ и отъ силъ электрическихъ и, въ частности, современные клѣтчатые громоотводы. Но еще важнѣе умѣніе перераспредѣлять силу,—и для достиженія этого человѣчество уже втеченіе двухъ-трехъ тысячелѣтій пользуется рычагомъ и другими простыми машинами.

Изъ простыхъ машинъ составляются и машины сложныя, развившіяся въ послѣднее столѣтіе до удивительныхъ предѣловъ въ смыслѣ сложности и быстроты работы: вспомнимъ современныя ротаціонныя печатныя машины, ткацкіе станки и другія машины, примѣняемыя въ обрабатывающей промышленности.

Мы незамѣтно подошли такимъ образомъ къ задачѣ о передачѣ силы, которая разрѣшилась до послѣднихъ 30—40 лѣтъ исключительно при посредствѣ упругихъ твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ тѣлъ. Припомнимъ зубчатыя передачи, валы, шкивы и безконечные ремни, припомнимъ гидравлическую передачу силы, припомнимъ ту же пневматическую почту. Но эти способы пригодны лишь на малыя разстоянія, и потому неудивительно, что, когда были изобрѣтены динамомашины, дававшія возможность получать энергію электрическаго тока за счетъ механической работы, передача энергіи при посредствѣ электромагнитныхъ силъ выступила на первый планъ. До тѣхъ поръ эта передача использовывалась исключительно для передачи сигналовъ при примѣненіи элекромагнитнаго телеграфа, на помощь и смѣну которому идетъ телеграфія безъ проводовъ А. С. Попова, а съ того времени стало равиваться примѣненіе электродвигателей, наиболѣе яркимъ проявленіемъ которыхъ нужно считать электрическіе трамваи. И теперь остается—въ качествѣ, можетъ быть, излишней роскоши—мечтать о неосуществимой пока передачѣ безъ проводовъ энергіи въ значительномъ количествѣ.

Что касается до тепла, то не даромъ наибольшимъ преступленіемъ Прометея противъ боговъ сочтено было то, что онъ похитилъ огонь съ неба,—и, вѣроятно, не мало вѣковъ протекло съ тѣхъ поръ, какъ человѣчество научилось не только поддерживать этотъ сведенный съ неба огонь—напомню весталокъ, и впослѣдствіи сохранявшихъ вѣчнымъ такой огонь,—но и искусственно получать огонь, т. е., другими словами, получать теплоту за счетъ химической энергіи. Примѣненія же теплоты крайне разнообразны,—достаточно упомянуть приготовленіе пищи, выплавку металловъ, стекольное производство, гончарное дѣло. Очень любопытною развивающеюся у насъ на глазахъ антитезою полученія тепла является полученіе холода—холодильное дѣло.

Еще раньше, чѣмъ научился человѣкъ получать тепло, онъ сталъ пытаться сохранять тепло, и въ качествѣ средствъ для этого служатъ одежда и жилища. Любопытно, что по отношенію къ этой задачѣ прогрессъ оказался не очень большимъ: наши жилища и одежда представляютъ собою не многимъ менѣе пористые сосуды для тепла, чѣмъ звѣриныя шкуры и землянки первобытнаго человѣка. Обратную задачу—сохраненіе холода — преслѣдуютъ ледники. Нельзя обойти молчаніемъ такое любопытное средство для продленія жизненнаго срока тепла и холода, какъ сосуды Дьюара.

Умѣемъ мы перемѣщать и передавать теплоту. Напомню утюги, имѣющуюся въ нѣкоторыхъ мѣстахъ канализацію горячей воды, паровое и водяное отопленіе и, особенно, отопленіе электрическое, являющееся наиболѣе совершеннымъ способомъ канализаціи тепла.

Остальные два дѣятеля—звукъ и свѣтъ—имѣютъ преходящее существованіе, ибо, какъ звуковая, такъ и свѣтовая энергія не могутъ, по своей природѣ, такъ сказать, стоять на мѣстѣ. Вслѣдствіе этого мы можемъ при помощи источниковъ звука и источниковъ свѣта лишь создавать звукъ и свѣтъ, а не можемъ создать ихъ. Благодаря отраженію и поглощенію звука и свѣта мы можемъ измѣнять создаваемые нами звуки и свѣтъ—при посредствѣ резонаторныхъ ящиковъ для первыхъ и при посредствѣ окрашиванія тѣлъ для второго. Напомню о писаніи и рисованіи, какъ разительныхъ примѣрахъ примѣненія окрашиванія.

Разъ звукъ и свѣтъ непрерывно теряются, то вопросъ о сохраненіи ихъ имѣетъ смыслъ лишь постольку, поскольку рѣчь можетъ быть о воспроизведеніи тѣхъ звуковыхъ и свѣтовыхъ явленій, которыя вызвали въ насъ опредѣленныя слуховыя и зрительныя ощущенія. По отношенію къ звуку эта задача рѣшилась сначала письменностью и нотоизображеніемъ, а въ послѣднее время безупречный въ теоретическомъ отношеніи методъ данъ фонографомъ. По отношенію къ свѣту задача сложнѣе, ибо, тогда какъ ухо воспринимаетъ въ каждый моментъ одиночное, хотя бы и сложное, впечатлѣніе, глазъ видитъ цѣлую картину, захватывающую большую или меньшую часть окружающаго пространства. Воспроизведеніе этой картины достигалось сна-

чала только живописью и скульптурою, субъективизмъ которыхъ смѣнился объективностью фотографіи, какъ одноцвѣтной, такъ и въ натуральныхъ цвѣтахъ. Обыкновенная фотографическая камера подобна глазу циклопа, а для воспроизведенія того, что человѣкъ видитъ двумя глазами, служатъ стереоскопическіе снимки. За послѣдніе годы преодолѣла техническія трудности и получила всеобщее распространеніе кинематографія, воспроизводящая зрительныя впечатлѣнія не отъ одного момента, а за болѣе или менѣе продолжительный промежутокъ времени. Изъ задачъ въ области воспроизведенія зрительныхъ впечатлѣній, которыя еще ждутъ удачнаго практическаго разрѣшенія, остаются лишь стереокинематографія и кинематографія въ натуральныхъ цвѣтахъ.

Умѣемъ мы болѣе или менѣе сносно перераспредѣлять звукъ,—напомню рупоры, говорныя и слуховыя трубы и искусную постройку нѣкоторыхъ большихъ помѣщеній по отношенію къ акустическимъ свойствамъ. Громадныхъ успѣховъ достигли мы и по отношенію къ телефоніи,—какъ по проводамъ, такъ и безъ проводовъ; послѣдняя, впрочемъ, находится въ стадіи опытовъ на сравнительно небольшія разстоянія.

Почти до предѣловъ теоретически возможнаго дошли мы и въ вопросѣ о перераспредѣленіи свѣта, достигаемомъ при помощи оптическихъ инструментовъ. Достаточно назвать прожекторы, различные проекціонные инструменты, включая фотографическую камеру, телескопъ, микроскопъ и—дѣтище послѣднихъ лѣтъ—ультрамикроскопъ.

Значительно хуже обстоитъ дѣло съ передачею свѣта на разстояніе. Просто свѣтъ мы можемъ получать на разстояніи чрезвычайно удобно при помощи электрическаго освѣщенія, но за то телаутографія - передача изображеній на любое разстояніе при помощи электрическаго тока—находится пока въ довольно зачаточномъ состояніи: рисовать и писать еще можно, но, напримѣръ, на передачу—и то не очень совершенную—фотографической карточки небольшого формата требуется минутъ 20, такъ что пока о передачѣ ряда смѣняющихся картинъ на разстояніе нельзя и мечтать. И это—едва ли не единственная изъ всѣхъ 20 задачъ прикладной физики, къ которой нѣтъ и подхода.

Рѣшенія этихъ задачъ окружаютъ насъ со всѣхъ сторонъ, попадаются намъ на каждомъ шагу,—и, для того, чтобы подвести нѣкоторый итогъ этимъ успѣхамъ, нужно, въ сущности сопоставить условія жизни современнаго человѣка и условія жизни человѣка первобытнаго. Представимъ себѣ, напримѣръ, разрѣзъ современной улицы большого города—съ асфальтовою мостовою, гранитнымъ тротуаромъ и электрическимъ освѣщеніемъ, съ водопроводными, газопроводными и канализаціонными трубами, съ туннелемъ для телефонныхъ проводовъ, съ подземнымъ и надземнымъ электрическими или паровыми трамваями, съ проводкою электрическаго тока для освѣщенія, съ телефонными проводами, съ пневматическою почтою и даже, можетъ быть, съ трубою, по которой бѣжитъ намагниченная стальная проволока, сообщающая въ телефонъ каждому изъ абонентовъ въ слухъ всѣ новости, какія найдетъ нужнымъ сообщать редакція подобной телефонъ-газеты. Сопоставимъ такую улицу съ протоптанною тропинкою первобытнаго человѣка,—и мы поймемъ, насколько неизмѣримо больше можетъ узнать и сдѣлать человѣкъ современный по сравненію съ человѣкомъ первобытнымъ или нынѣшнимъ дикаремъ.

Успѣхи въ рѣшеніи тѣхъ 20 задачъ, которыя только и можетъ поставить себѣ прикладная физика, на столько быстро шли послѣдніе 1—2 столѣтія, что даже время смѣны одного поколѣнія другимъ 30—40 лѣтъ, почти не мѣнявшее склада жизни людей въ прежнія времена, теперь существенно измѣняетъ этотъ складъ. Въ этомъ легко убѣдиться, бросивъ взглядъ на то, что напечатано курсивомъ въ таблицѣ I,—то, что предыдущему поколѣнію было неизвѣстно и недоступно.

Скоро однако, можно надѣяться, кругъ основныхъ задачъ, подлежащихъ рѣшенію, будетъ чрезвычайно суженъ и даже уничтоженъ,—и физикѣ останется лишь совершенствовать и дѣлать все болѣе и болѣе практичными уже имѣющіяся рѣшенія. Чтобы не дѣлать рискованныхъ пророчествъ, не будемъ стараться заглянуть любопытнымъ взглядомъ въ будущее, когда обычнымъ средствомъ сообщенія будетъ сообщеніе по воздуху, когда человѣкъ будетъ получать работу непосредственно изъ химической энергіи, когда для получе-

нія этой энергіи—и въ частности для полученія кислорода съ его энергіею изъ углекислоты и азотистыхъ веществъ и пищи изъ воздуха—и для работы человѣкъ станетъ утилизировать лучистую энергію солнца независимо отъ „напрасно" (съ точекъ зрѣнія будущихъ людей) занимающихъ мѣсто на землѣ растеній, когда человѣкъ не только будетъ сноситься съ другими людьми, не только будетъ слышать на разстояніи; но и будетъ видѣть на разстояніи, но и будетъ безъ проводовъ направлять въ любое мѣсто земного шара энергію, заполученную имъ отъ того-же питальца, какъ теперь,—солнца, когда онъ придумаетъ мѣры, чтобы избѣгнуть ужасовъ грядущихъ ледяныхъ періодовъ и постепеннаго охлажденія земного шара. С у щ е с т в е н н о новаго въ этомъ будущемъ по сравненію съ настоящимъ будетъ мало,—если этотъ грядущій прогрессъ сравнить съ тѣмъ матеріальнымъ прогрессомъ, какой дало уже человѣчеству удачное достиженіе имъ практическихъ цѣлей физики.

Томскъ.

О лучахъ сѣвернаго сіянія.

Ф. Ленарда.

Въ послѣдніе годы норвежскіе ученые предприняли по иниціативѣ К. Биркеланда рядъ систематическихъ изслѣдованій сѣвернаго сіянія, которое такъ часто наблюдается въ этой странѣ, и пришли къ тому заключенію, что здѣсь мы имѣемъ дѣло съ катодными лучами; послѣдніе, исходя отъ солнца, проникаютъ въ земную атмосферу и освѣщаютъ воздухъ совершенно такимъ-же образомъ, какъ катодные лучи разрядной трубки, прошедшіе черезъ алюминіевое оконце, освѣщаютъ густой атмосферный воздухъ, до тѣхъ поръ, пока не исчезаютъ вслѣдствіе поглощенія въ немъ. Причиной концентраціи этихъ лучей у земныхъ полюсовъ они считаютъ дѣйствіе магнитнаго поля земли; этотъ взглядъ вполнѣ подтверждается опытами Биркеланда и теоріей Пуанкаре.

Объясненіе сѣверныхъ сіяній помощью катодныхъ лучей, исходящихъ отъ солнца, согласуется также и съ изслѣдованіями норвежскихъ ученыхъ, труды которыхъ пока еще мало извѣстны, хотя и представляютъ не малый интересъ. Особеннаго вниманія заслуживаютъ вычисленія А. Штёрмера относительно того пути, по которому должны слѣдовать катодные лучи, приближаясь къ магнитному земному шару. Эта работа объясняетъ намъ не только существованіе дѣйствительно наблюдаемыхъ зонъ повторяемости сѣверныхъ сіяній въ извѣстныхъ высокихъ географическихъ широтахъ вокругъ магнитныхъ земныхъ полюсовъ, но и непосредственно выясняетъ многія частности этого явленія. Такъ напр., извѣстный плоскій видъ драпировокъ, который часто принимаютъ лучи сѣвернаго сіянія, объясняется дѣйствіемъ магнитныхъ силъ. Кромѣ того, вычисленія Штёрмера ука-

зываютъ, по моему мнѣнію, и на то, что здѣсь идетъ рѣчь не о катодныхъ лучахъ, которые могли бы произойти въ земной атмосферѣ, напримѣръ, вслѣдствіе дѣйствія ультра-фіолетоваго свѣта солнца въ верхнихъ слояхъ атмосферы; на основаніи моихъ прежнихъ опытовъ я могу сказать, что такое явленіе могло возникнуть подъ вліяніемъ свѣта въ разрѣженномъ воздухѣ при соотвѣтствующемъ дѣйствіи электрическихъ силъ, и такимъ образомъ, подобное явленіе раньше могло-бы быть съ достаточнымъ основаніемъ принято за возможный способъ возникновенія лучей сѣвернаго сіянія. Въ настоящее время, напротивъ, можно вполнѣ опредѣленно утверждать, что источникомъ этихъ лучей является солнце, и въ частности, вѣроятно, мѣста его повышенной дѣятельности, которыя можно узнать по факеламъ и пятнамъ.

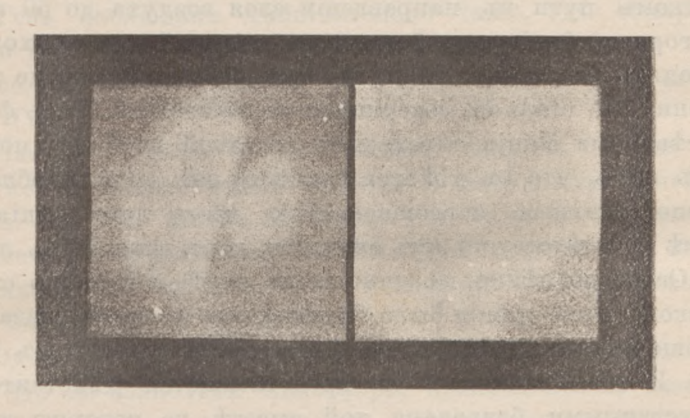
Теперь, конечно, очень важно узнать что нибудь болѣе опредѣленное о самой природѣ установленныхъ такимъ образомъ катодныхъ лучей, исходящихъ отъ солнца, а именно объ ихъ скорости, о величинѣ ихъ магнитной отклоняемости и объ ихъ поглощаемости, такъ какъ эти три качества должны быть здѣсь такъ-же тѣсно связаны одно съ другимъ, какъ это всегда бываетъ и въ катодныхъ лучахъ.

Упомянутыя вычисленія Штёрмера показываютъ, что дѣйствительно наблюдаемому радіусу зоны частоты сѣверныхъ сіяній соотвѣтствуетъ необыкновенно большая величина произведенія $H \cdot R$ (H — магнитное поле, R — радіусъ кривизны лучей), т. е., другими словами,—необычайно малая магнитная отклоняемость этихъ лучей. Оказывается, что это произведеніе даетъ величину порядка 1 000 000 C. G. S., а на основаніи зависимости, имѣющей значеніе для катодныхъ лучей, это показываетъ, что здѣсь мы имѣемъ дѣло съ катодными лучами, скорость которыхъ превосходитъ не только скорость всѣхъ наиболѣе быстрыхъ лучей разрядныхъ трубокъ, но превышаетъ даже и самые скорые β-лучи всѣхъ извѣстныхъ до настоящаго времени радіоактивныхъ элементовъ.

Въ самомъ дѣлѣ, величина произведенія $H \cdot R$ для катодныхъ лучей въ разрядныхъ трубкахъ, даже при скорости ихъ равной $1/3$ скорости распространенія свѣта, достигаетъ только 500, и даже для самыхъ скорыхъ лучей, найденныхъ у различныхъ радіоактивныхъ веществъ, оно не превышаетъ

5 000 C. G. S. Судя по этому, лучи сѣвернаго сiянiя должны обладать необыкновенно большими скоростями, чрезвычайно близкими къ скорости самаго свѣта. На основанiи того, что мы знаемъ до сихъ поръ о свойствахъ самыхъ быстрыхъ катодныхъ лучей, можно установить зависимость, по которой произведенiе $H \cdot R = (m/e)_0 \cdot v / \sqrt{1 - v^2/c^2}$. Здѣсь v обозначаетъ скорость распространенiя катодныхъ лучей, c—скорость свѣта, $(m/e)_0$—отношенiе массы къ заряду медленно движущихся количествъ электричества (Elektricitätsquanten) $(= 5{,}7 \cdot 10^{-8}$ C. G. S.); изъ сопоставленiя этихъ данныхъ вытекаетъ, что скорость лучей сѣвернаго сiянiя составляетъ 0,9999985 скорости свѣта въ то время, какъ скорость самыхъ быстрыхъ лучей радiя ($H \cdot R = 5\,000$) составляетъ только 0,947 той-же скорости свѣта. Это обстоятельство возбуждаетъ еще совсѣмъ особый интересъ къ этимъ катоднымъ лучамъ солнца, и я считаю нелишнимъ привести здѣсь одно перевычисленiе, касающееся этихъ солнечныхъ лучей и сдѣланное на основанiи еще ранѣе найденной мною закономѣрности поглощенiя катодныхъ лучей; это вычисленiе показываетъ, что и поглощаемость лучей сѣвернаго сiянiя въ земной атмосферѣ находится въ полномъ соотвѣтствiи съ тѣмъ предположенiемъ, что они суть катодные лучи, обладающiе необычайной, до настоящаго времени неслыханной скоростью; вмѣстѣ съ тѣмъ оно согласно и съ теорiей Биркеланда и Штëрмера, утверждающей, что эти лучи могутъ сильно искривляться и обходить вокругъ половины земного шара раньше, чѣмъ освѣтить воздухъ во время своего послѣдняго поглощенiя въ болѣе густыхъ слояхъ атмосферы и произвести сѣверное сiянiе. При этомъ слѣдуетъ принять во вниманiе слѣдующiя двѣ закономѣрности: 1) пропорцiональность между массами и поглощенiемъ и 2) быстрое уменьшенiе поглощенiя съ возростанiемъ скорости лучей. Это вычисленiе стало возможнымъ только совсѣмъ недавно, послѣ того, какъ Штëрмеру удалось произвести надежныя измѣренiя высотъ сѣверныхъ сiянiй; онъ имѣлъ любезность сообщить мнѣ результаты своихъ трудовъ, насколько они были вычислены имъ до настоящаго времени. Измѣренiя высотъ Штëрмеръ производилъ посредствомъ одновременнаго фотографированiя сѣвернаго сiянiя съ двухъ достаточно отда-

ленныхъ другъ отъ друга станцій, причемъ заднимъ планомъ служило звѣздное небо. Прилагаемый здѣсь рисунокъ (фиг. 1) показываетъ, какъ ясны эти картины, и какъ онѣ подходятъ для измѣренія высотъ. Вычисленныя высоты лежатъ между 50 и 200 км. надъ земной поверхностью. Поэтому иногда бываетъ, что послѣднее истощеніе лучей черезъ поглощеніе въ воздухѣ происходитъ только въ слоѣ атмосферы, лежащемъ на высотѣ 70—50 км. Если мы примемъ эти высоты, въ которыхъ воздушное давленіе равняется отъ 0,13 до 1,57 мм. ртутнаго столба, то найдемъ массу воздушнаго слоя, лежащаго выше 70 км., равную 0,18 гр./см.^{2}, въ то время какъ масса воздушнаго слоя, лежащаго выше 50 км., еще равна 2,1 гр./см.^{2}. Масса этихъ слоевъ эквивалентна слою алюминія толщиною въ 0,65 мм.



Фиг 1.

и 7,7 мм. Такъ какъ катодные лучи поглощаются пропорціонально массамъ, то, при производствѣ расчета, воздушные слои, черезъ которые должны проникать лучи, идущіе отъ солнца, можно замѣнить этими наглядными алюминіевыми слоями. Для катодныхъ лучей я нашелъ въ 1903 г., что отношеніе между поглощающей способностью и массой равно 5 см./гр., а значительно меньшія величины этихъ постоянныхъ поглощенія въ другихъ радіоактивныхъ тѣлахъ до сихъ поръ еще не найдены. Поэтому самые скорые изъ всѣхъ извѣстныхъ лучей радіоактивныхъ веществъ теряютъ

0,41 своей начальной интенсивности послѣ того, какъ они пройдутъ черезъ упомянутый выше алюминіевый слой въ 0,65 мм. толщиною. А такъ какъ даже не всѣ сѣверныя сіянія спускаются до принятой нами глубины въ 70 км., то слѣдуетъ думать, что ихъ лучи еще раньше испытали болѣе сильное ослабленіе, нежели то, которое мы допустили; а если мы примемъ еще во вниманіе ихъ скорость, а слѣдовательно, и связанную съ ней меньшую поглощаемость, то прійдемъ къ заключенію, что, приближаясь къ землѣ и проходя черезъ верхніе слои атмосферы, эти лучи должны были идти очень искривленными путями, вполнѣ соотвѣтствующими тѣмъ, которые были вычислены Штёрмеромъ. Въ противномъ случаѣ лучи, обладающіе поглощаемостью упомянутыхъ выше быстрѣйшихъ лучей радія, были-бы ослаблены до 0,0000028 начальной своей интенсивности даже на самомъ короткомъ пути въ направленіи слоя воздуха до 50 км., а при гораздо болѣе длинномъ пути, который имъ приходится проходить на самомъ дѣлѣ, они были-бы ослаблены до такой степени, что стали-бы совершенно незамѣтными. Тотъ фактъ, что сѣверныя сіянія опускаются до такой глубины, показываютъ намъ, что въ дѣйствительности они должны обладать гораздо меньшею поглощаемостью, чѣмъ лучи радія, что вполнѣ соотвѣтствуетъ ихъ скорости, какъ катодныхъ лучей.

Особенно цѣнно, конечно, и не менѣе интересно съ физической точки зрѣнія было-бы получить прямыя указанія о поглощаемости этихъ лучей посредствомъ опытовъ надъ ними. И такія изслѣдованія представляются дѣйствительно осуществимыми, благодаря той высотѣ, на которую теперь могутъ подниматься змѣи и воздушные шары, и благодаря той любезности, которую проявили ко мнѣ норвежскіе ученые, и которая дала мнѣ смѣлость взяться за эти изысканія вмѣстѣ съ ними.

Что-же касается солнца, то можно считать твердо установленнымъ тотъ фактъ, что оно постоянно, особенно во время извѣстныхъ періодовъ своей повышенной дѣятельности, посылаетъ въ пространство огромныя количества отрицательнаго электричества въ образѣ именно этихъ быстрѣйшихъ катодныхъ лучей. Матеріальныя массы его поверхности должны тогда имѣть положительный зарядъ. При томъ

необычайно быстромъ движеніи, которое обнаруживаютъ эти массы, онѣ легко могутъ создать на поверхности солнца магнитныя поля, дѣйствительное существованіе которыхъ доказано превосходными изслѣдованіями Г. Е. Геля (G. E. Hale). Въ объясненіи происхожденія этихъ магнитныхъ полей я не согласенъ съ Гелемъ только въ единственномъ мѣстѣ, а именно въ томъ, что этотъ изслѣдователь считаетъ причиной происхожденія магнитныхъ полей движеніе отрицательно заряженныхъ массъ въ то время, какъ мои прежніе опыты съ пламенемъ и электрическими дугами показываютъ мнѣ, что раскаленныя и свѣтящіяся массы имѣютъ только положительный зарядъ, что вполнѣ соотвѣтствуетъ только что приведенному соображенію относительно солнца. Такимъ образомъ я прихожу къ заключенію, что направленіе движенія всѣхъ спиралеобразно распредѣленныхъ массъ, которыя Гель наблюдалъ дѣйствительно тамъ, гдѣ обнаруживаются магнитныя поля, совершенно противоположно тому, которое, хотя и съ большой осторожностью, имъ приписываетъ Гель.

Наконецъ, намъ могутъ задать вопросъ, что же служитъ источникомъ такихъ быстрыхъ катодныхъ лучей на солнцѣ. На это можно отвѣтить, что, судя по опытамъ съ пламенемъ, матеріалъ для такихъ лучей долженъ въ изобиліи находиться въ солнечной атмосферѣ въ формѣ свободныхъ количествъ электричества.

Однако, пока нѣтъ еще достаточныхъ основаній утверждать, что въ солнечной атмосферѣ, являющейся во всякомъ случаѣ хорошимъ проводникомъ, дѣйствительно находятся силовыя электрическія поля, необходимыя для такихъ большихъ скоростей. И современная наука скорѣе считаетъ причиной такихъ быстрыхъ лучей исключительно радіоактивныя тѣла. Но, такъ какъ по существующей теоріи, а также и по имѣющимся указаніямъ опыта, скорости лучей этихъ веществъ не зависятъ отъ температуры, то на солнцѣ слѣдовало-бы признать существованіе еще новыхъ, намъ неизвѣстныхъ радіоактивныхъ веществъ, производящихъ еще болѣе быстрые лучи. Возможно, что огромное давленіе внутри солнца, которое достигаетъ нѣсколькихъ милліоновъ атмосферъ, способствуетъ образованію или продолжительному сохране-

нію такихъ атомовъ, масса которыхъ больше массы даже нѣкоторыхъ урановыхъ атомовъ, самыхъ тяжелыхъ изъ найденныхъ на землѣ радіоактивныхъ атомовъ. Вынесенные теченіемъ изъ внутренности солнца на его поверхность они могли-бы стать источникомъ этихъ лучей при своемъ распаденіи. Гипотеза образованія или замедленія распада радіоактивныхъ атомовъ внутри небесныхъ тѣлъ и земли по моему мнѣнію можетъ служить ближайшимъ объясненіемъ того факта, что эти неустойчивые на земной поверхности элементы вообще существуютъ. Такъ какъ распадъ этихъ элементовъ происходитъ при увеличеніи объема, то замедлить распадъ посредствомъ давленія вполнѣ возможно.

Гейдельбергъ.

Практическія занятія по физикѣ въ средней школѣ.

21. Сравненіе яркостей источниковъ свѣта.

1. Для сравненія яркостей двухъ источниковъ свѣта обыкновенно сравниваютъ непосредственнымъ наблюденіемъ яркости производимыхъ ими освѣщеній двухъ рядомъ расположенныхъ однородныхъ поверхностей. Если эти послѣднія яркости освѣщенія одинаковы, то между яркостями источниковъ свѣта i и i_1 и ихъ разстояніями r и r_1 отъ вышеупомянутыхъ поверхностей существуетъ зависимость

$$\frac{i}{i_1} = \frac{r^2}{r_1^{\,2}}. \qquad (1)$$

Такъ какъ, однако, сужденіе объ одинаковости яркостей освѣщенія приходится составлять на основаніи показаній глаза, глазъ же для такого сужденія является органомъ недостаточно чувствительнымъ, то разсчитывать на большую точность при подобнаго рода фотометрическихъ измѣреніяхъ нельзя. Надежные результаты получаются лишь въ томъ случаѣ, если оба источника свѣта излучаютъ лучи по возможности одинаковаго состава, т. е. одинаково окрашенные. Поэтому только такіе источники свѣта и слѣдуетъ брать для настоящей работы.

2. Необходимыя принадлежности: фотометръ, оптическая скамья или масштабъ съ дѣленіями на сантиметры, источники свѣта.

Очень простой фотометръ, дающій въ то-же время вполнѣ удовлетворительные результаты, можно изготовить слѣдующимъ образомъ (Теплеръ, Гезехусъ). Три листика бѣлой папиросной бумаги 15 см. $\times$ 15 см. складываютъ вмѣстѣ, сдѣлавъ предварительно въ среднемъ изъ нихъ три круглыхъ отверстія, діаметромъ въ 1,5 см., при помощи пробочнаго сверла, на разстояніи 2,5 см. другъ отъ друга. Такимъ образомъ изъ папиросной бумаги составится экранъ, части котораго, лежащія противъ отверстій, будутъ прозрачнѣе остального фона бумаги и, какъ показываетъ опытъ, будутъ обладать оптическими свойствами, аналогичными тѣмъ, какими обладаетъ жирное пятно въ обыкновенномъ фотометрѣ Бунзена, т. е. въ отраженномъ свѣтѣ будутъ казаться темными на свѣтломъ фонѣ, въ проходящемъ-же, наоборотъ, свѣтлыми на темномъ фонѣ, а при освѣщеніи съ обѣихъ сторонъ могутъ исчезать.

Изготовленный такимъ образомъ экранъ приклеиваютъ къ деревянной или картонной рамкѣ, которую въ свою очередь прикрѣпляютъ къ ползуну оптической скамьи или къ какой-нибудь подставкѣ.

Измѣреніе при помощи такого фотометра производится въ слѣдующемъ порядкѣ. По одну сторону экрана помѣщаютъ вспомогательный источникъ свѣта, напримѣръ стеариновую свѣчу, по другую-же сторону—одинъ изъ сравниваемыхъ источниковъ. Плоскость экрана при этомъ устанавливается такъ, чтобы она не была вполнѣ перпендикулярна къ прямой, соединяющей оба источника свѣта; среднее-же пятно экрана должно находиться на этой прямой.

Испытуемый источникъ свѣта передвигаютъ до тѣхъ поръ, пока среднее пятно исчезнетъ. Объ этомъ моментѣ судятъ, слѣдя за измѣненіемъ яркости остальныхъ двухъ пятенъ. Очевидно, при исчезновеніи средняго пятна, одно изъ крайнихъ должно казаться темнымъ, а другое—свѣтлымъ. Одновременное наблюденіе за измѣненіемъ яркостей всѣхъ трехъ пятенъ очень облегчаетъ правильную установку. Измѣ-

ривъ затѣмъ разстояніе испытуемаго источника свѣта отъ средняго пятна, опытъ повторяютъ со вторымъ источникомъ.

Отношеніе квадратовъ найденныхъ такимъ образомъ разстояній представитъ искомое отношеніе яркостей источниковъ.

Кромѣ этого фотометра, можно также рекомендовать фотометръ Бунзена съ наклонными зеркалами. Фотометръ этотъ состоитъ изъ бумажнаго экрана съ жирнымъ пятномъ, сдѣланнымъ на немъ стеариномъ или керосиномъ. Экранъ помѣщается между двумя зеркалами, составляющими между собою тупой уголъ. Зеркала даютъ возможность наблюдать жирное пятно одновременно съ обѣихъ его сторонъ, что облегчаетъ правильную установку. Хотя такой фотометръ и имѣется въ продажѣ (см. каталоги фирмъ, изготовляющихъ физическіе приборы), но его, конечно, легко можно изготовить домашними средствами. Для этого стоитъ только укрѣпить на доскѣ два небольшихъ зеркала подъ угломъ около 130°—140° другъ къ другу, а между ними помѣстить экранъ съ жирнымъ пятномъ или пятномъ, приготовленнымъ по способу, указанному выше, такъ, чтобы онъ дѣлилъ уголъ между зеркалами пополамъ.

Можно также съ этой цѣлью воспользоваться имѣющимися въ каждомъ физическомъ кабинетѣ средней школы такъ называемыми „зеркалами подъ угломъ“.

Сравненіе яркостей источниковъ при помощи этого фотометра производится слѣдующимъ образомъ. По одну сторону экрана помѣщаютъ вспомогательный источникъ свѣта, а по другую поочередно каждый изъ сравниваемыхъ источниковъ. Источники располагаютъ на прямой, перпендикулярной къ плоскости экрана. Передвигая испытуемые источники, стараются установить ихъ такъ, чтобы наблюдаемыя въ зеркалахъ изображенія пятна были одинаковой яркости. Дальнѣйшій ходъ работы тотъ-же, какъ и въ предыдущемъ случаѣ.

Фотометрическія измѣренія слѣдуетъ производить въ хорошо затемненной, а еще, конечно, лучше въ особой оптической комнатѣ.

Примѣръ 1. Сравнить яркость группы изъ нѣсколькихъ свѣчей съ яркостью одной изъ нихъ.

Цѣль этого упражненія, при которомъ отношеніе яркостей сравниваемыхъ источниковъ свѣта заранѣе извѣстно, состоитъ въ томъ, чтобы нагляднѣе показать, на какую точность мы можемъ разсчитывать при нашихъ измѣреніяхъ. Фотометромъ служилъ первый изъ описанныхъ выше. Въ качествѣ источниковъ свѣта были взяты четвериковыя стеариновыя свѣчи. Свѣчи укрѣплялись на деревянныхъ брускахъ, въ которыхъ коловоротомъ были сдѣланы соотвѣтствующія діаметру свѣчей углубленія. Необходимо подрѣзываніемъ фитилей достигнуть того, чтобы пламя свѣчей имѣло по возможности одинаковые размѣры. Результаты представлены въ слѣдующей таблицѣ, въ которой r и i обозначаютъ соотвѣтственно разстояніе отъ экрана и яркость группы свѣчей; r_1 и i_1—разстояніе отъ того-же экрана и яркость той свѣчи, которая была взята для сравненія; наконецъ

$$k = \frac{i}{i_1} \cdot \tag{2}$$

Число свѣчей.	r	r_1	$\frac{i}{i_1}=k$	Число свѣчей.	r	r_1	$\frac{i}{i_1}=k_1$	Число свѣчей.	r	r_1	$\frac{i}{i_1}=k_2$
2	35,5	25,0	2,016	3	58,5	33,0	3,142	4	92,5	46,0	4,043
„	51,0	36,0	2,007	„	71,0	40,0	3,151	„	65,0	31,2	4,341
„	69,0	48,0	2,066	„	60,0	34,5	3,024	„	79,0	38,5	4,210
„	67,5	46,5	2,107	„	104,0	59,5	3,055	„	73,0	34,5	4,477
Среднее			2,049	Среднее			3,093	Среднее			4,268

Максимальная относительная ошибка опредѣляется на основаніи (1) и (2) равенствъ, а именно:

$$\frac{\delta k}{k} = 2\left(\frac{\delta r}{r} + \frac{\delta r_1}{r_1}\right), \tag{3}$$

причемъ r и r_1 измѣрялись съ точностью до 0,5 см.

Для перваго изъ наблюденій находимъ

$$\frac{\delta k}{k} = 2\left(\frac{0,5}{35,5} + \frac{0,5}{25}\right) = 0,068$$

т. е. менѣе 7%; для пятаго

$$\frac{\delta k_1}{k_1} = 2\left(\frac{0,5}{58,5} + \frac{0,5}{33,0}\right) = 0,047$$

т. е. менѣе 5%, и, наконецъ для девятаго

$$\frac{\delta k_2}{k_2} = 2\left(\frac{0,5}{92,5} + \frac{0,5}{46}\right) = 0,032$$

т. е. менѣе 4%. А потому окончательно можно считать:

$$k = 2,0;\ k_1 = 3,1;\ k_2 = 4,3.$$

Примѣръ 2. Сравнить яркость керосиновой лампы съ яркостью свѣчи.

Фотометръ былъ тотъ-же, а источниками свѣта служили стеариновая четвериковая свѣча и небольшая керосиновая лампа съ плоскимъ фитилемъ. Лампа помѣщалась въ двухъ положеніяхъ относительно прямой, соединяющей ее съ вспомогательнымъ источникомъ свѣта. Въ первомъ положеніи плоскость пламени лампы была перпендикулярна къ этой прямой, во второмъ положеніи - совпадала съ ней.

Результаты представлены въ слѣдующей таблицѣ, въ которой r и i суть разстояніе отъ экрана и яркость лампы; r_1 и i_1 — тѣ-же величины для свѣчи, а k и k_1 — отношеніе яркостей $\frac{i}{i_1}$ для перваго и второго положенія лампы.

1-е положеніе лампы.			2-е положеніе лампы.		
r	r_1	$\frac{i}{i_1} = k$	r	r_1	$\frac{i}{i_1} = k_1$
58,0	29,0	4,000	55,5	32,5	2,916
62,0	31,5	3,874	56,5	33,0	2,931
68,0	35,0	3,774	54,0	32,0	2,848
61,5	32.0	3,694	62,0	38,0	2,662
71,0	35,5	4,000	60,0	37,0	2,630
	Среднее	3,868		Среднее	2,797

Максимальная ошибка. При измѣреніи разстояній r и r_1 для перваго положенія лампы ошибка не превосходила 0,5 см., а для второго — 1 см. Для перваго изъ наблюденій находимъ

$$\frac{\delta k}{k} = 2\left(\frac{0,5}{58} + \frac{0,5}{29}\right) = 0,052,$$

т. е. максимальная ошибка менѣе 6%; для шестого

$$\frac{\delta k_1}{k_1} = 2\left(\frac{1}{55,5} + \frac{1}{32,5}\right) = 0,098$$

т. е. максимальная ошибка менѣе 10%, а потому

$$k = 3,9 \text{ и } k_1 = 2,8.$$

Интересно также найти отношеніе $\frac{k_1}{k}$:

$$\frac{k_1}{k} = \frac{2,8}{3,9} = 0,72.$$

Найдемъ, кстати, во сколько разъ освѣщеніе такой лампой обходится дешевле освѣщенія стеариновой четвериковой свѣчей.

Взвѣшиваніе показало, что въ теченіе часа въ этой лампѣ сгораетъ 13 гр. керосина, а такъ какъ ея яркость равна 3,9 свѣчамъ, то на свѣчу приходится $13 : 3,9 = \frac{10}{3}$ гр. керосина; въ теченіе того-же часа времени въ четвериковой свѣчѣ сгораетъ 10 гр. стеарина. Считая стоимость фунта керосина въ 4,5 коп., а стоимость фунта стеариновыхъ свѣчей въ 29 коп., получимъ, что относительная стоимость того и другого освѣщенія равна

$$(29 . 10) : \left(4,5 \cdot \frac{10}{3}\right) = 19,3,$$

т. е. освѣщеніе керосиномъ приблизительно въ 19 разъ дешевле освѣщенія стеариновыми свѣчами.

Слѣдующіе два примѣра выполнены при помощи фотометра Бунзена съ наклонными зеркалами.

Примѣръ 3. Сравнить яркости двухъ электрическихъ лампочекъ.

Этотъ примѣръ носитъ тотъ-же характеръ, какъ и первый. Для опыта были взяты двѣ лампочки въ 25 свѣчей и

16 свѣчей. Результаты представлены въ слѣдующей таблицѣ:

Лампа въ 25 свѣчей. r	Лампа въ 16 свѣчей. r_1	$\frac{i}{i_1} = k$
81,0	65,0	1,553
61,5	49,75	1,528
53,5	43,5	1,512
57,0	46,5	1,503
	Среднее	1,524

При измѣреніи r и r_1 ошибка не превосходила 1 см., а потому максимальная относительная ошибка для перваго наблюденія

$$\frac{\partial k}{k} = 2\left(\frac{1}{81} + \frac{1}{65}\right) = 0{,}054,$$

т. е. менѣе 6%. Слѣдовательно, $k = 1{,}52$. По даннымъ фабрики k должно равняться $\frac{25}{16} = 1{,}56$.

Примѣръ 4. Опредѣлить въ процентахъ количество свѣта, поглощаемаго матовыми стеклами.

Для опыта была взята электрическая лампа въ 25 свѣчей. Закрывая ее послѣдовательно однимъ, двумя, тремя матовыми стеклами, мы получили слѣдующіе результаты:

Безъ стекла. r	Съ 1-мъ стекл. r_1	$\frac{i_1}{i} = k$	Безъ стекла. r	Съ 2-мя стекл r_1	$\frac{i_1}{i} = k_1$	Безъ стекла. r	Съ 3-мя стекл. r_1	$\frac{i_1}{i} = k_2$
44,0	37,0	0,7070	45,0	33,0	0,5378	48,0	29,0	0,3650
39,5	33,0	0,6980	46,0	34,0	0,5463	48,5	31,0	0,4085
45,5	38,5	0,7160	45,0	33,5	0,5542	48,5	30,5	0,3955
48,0	41,0	0,7296	49,0	35,5	0,5249	48,5	29,0	0,3727
Среднее		0,7126	Среднее		0,5408	Среднее		0,3854

Максимальныя ошибки:
для перваго наблюденія

$$\frac{\delta k}{k} = 2\left(\frac{1}{44} + \frac{1}{37}\right) = 0{,}099,$$

т. е. менѣе 10%; для пятаго наблюденія

$$\frac{\delta k_1}{k_1} = 2\left(\frac{1}{45} + \frac{1}{33}\right) = 0{,}10,$$

т. е. менѣе 11%; для девятаго наблюденія

$$\frac{\delta k_2}{k_2} = 2\left(\frac{1}{48} + \frac{1}{29}\right) = 0{,}11,$$

т. е. менѣе 12%. Слѣдовательно

$$k = 0{,}71;\; k_1 = 0{,}54;\; k_2 = 0{,}39.$$

Отношеніе количества свѣта, поглощеннаго первымъ стекломъ, къ количеству свѣта, падающаго на него, равно:

$$100\left(\frac{1 - 0{,}71}{1}\right)\% = 29\%.$$

Подобнымъ-же образомъ найдены для второго и третьяго стеколъ слѣдующія отношенія:

$$100\left(\frac{0{,}71 - 0{,}54}{0{,}71}\right)\% = 24\%$$

и

$$100\left(\frac{0{,}54 - 0{,}39}{0{,}54}\right)\% = 28\%,$$

т. е. каждое стекло въ среднемъ поглощаетъ около 27% падающаго на него свѣта. *С. Слѣсаревскій.*

Кіевъ.

---

22. Упражненіе со спектроскопомъ.

Установка прибора. Прежде, чѣмъ пользоваться этимъ приборомъ, необходимо его установить. Эту установку производятъ такъ:

1. Снявши призму и коллиматоръ, визируютъ подзорной трубой очень удаленный предметъ: ночью—звѣзду, а днемъ—удаленное дерево или зданіе. Для этого перемѣщаютъ окуляръ до тѣхъ поръ, пока нормальный глазъ [1]) не увидитъ ясно въ полѣ зрѣнія данный удаленный предметъ; тогда труба установлена на безконечность, и мы въ такую трубу ясно будемъ видѣть лишь тѣ предметы, отъ каждой точки которыхъ на объективъ трубы падаютъ параллельные лучи. Удобно на трубкѣ окуляра, въ томъ мѣстѣ, гдѣ она входитъ въ охватывающую ее трубу, сдѣлать остріемъ царапину, отмѣчающую установку трубы на безконечность.

2. Ставятъ на мѣсто коллиматоръ и, приведя оси обѣихъ трубъ къ совпаденію съ одной и той-же прямой, разсматриваютъ сквозь установленную на безконечность трубу щель коллиматора, за которой помѣщенъ какой-нибудь источникъ свѣта. Трубку со щелью выдвигаютъ изъ трубы коллиматора или вдвигаютъ въ нее, пока щель не будетъ совершенно отчетливо и рѣзко видна нормальнымъ глазомъ, смотрящимъ сквозь установленную на безконечность зрительную трубу спектроскопа. На трубкѣ со щелью въ томъ мѣстѣ, гдѣ эта трубка входитъ въ трубу коллиматора, послѣ указанной установки также дѣлаютъ царапину.

3. Призму устанавливаютъ на мѣсто, прикрываютъ ее соотвѣтствующей коробкой и освѣщаютъ шкалу. Зрительную трубу поворачиваютъ такъ, чтобы видѣть въ нее отраженіе шкалы. Вдвигаютъ или выдвигаютъ трубку со шкалой до тѣхъ поръ, пока въ зрительную трубу не будутъ ясно видны цифры шкалы. На трубкѣ со шкалой дѣлаютъ въ соотвѣтствующемъ мѣстѣ царапину. Трубку со шкалой со стороны освѣщающаго послѣднюю источника свѣта лучше покрыть матовымъ стеклышкомъ или папиросной бумагой. Источникъ свѣта для освѣщенія шкалы долженъ имѣть пламя на неизмѣнной высотѣ. Такимъ источникомъ можетъ служить небольшая керосиновая лампа или бензиновая свѣча.

Градуировка прибора. Сдѣлавши установку прибора, нужно сравнить его шкалу со шкалой таблицъ Кирх-

---

[1]) Лица съ ненормальнымъ зрѣніемъ должны смотрѣть сквозь соотвѣтствующія очки.

гофа и Бунзена. Эта градуировка прибора производится слѣдующимъ образомъ:

1. Кисть изъ асбестоваго шнура, прикрѣпленную къ проволокѣ, обмакиваютъ въ растворъ поваренной соли и вводятъ ее въ безцвѣтное пламя газовой или спиртовой горѣлки, помѣщенное передъ щелью спектроскопа. Въ полѣ зрѣнія трубы видна яркая желтая линія. Отпускаютъ винтъ, удерживающій трубу со шкалой, и такъ поворачиваютъ эту трубу, чтобы желтая линія приходилась на 50-мъ дѣленіи шкалы, если шкала не имѣетъ дѣленій выше 150, и на 100-мъ ея дѣленіи, если она имѣетъ 200 дѣленій. Послѣ этого трубу со шкалой закрѣпляютъ винтомъ.

2. Въ пламя горѣлки послѣдовательно вводятъ кисти, пропитанныя растворами хлористыхъ солей барія, калія, литія, стронція и кальція и бромистой соли рубидія. Зарисовываютъ въ тетради картину видимаго спектра, замѣчая, въ какомъ цвѣтѣ находится та или иная линія, и каждый разъ отмѣчаютъ дѣленія шкалы, на которыхъ приходятся линіи.

3. На миллиметровой бумагѣ, на оси абсциссъ наносятъ дѣленія шкалы спектроскопа, а на оси ординатъ—шкалу таблицъ Кирхгофа и Бунзена. Для каждой наблюденной линіи ставятъ на бумагѣ точку такъ, чтобы ея абсцисса была равна отмѣченному въ спектроскопѣ дѣленію шкалы для данной линіи, а ордината—тому числу, которымъ обозначена данная линія въ таблицѣ Кирхгофа и Бунзена.

4. Полученныя точки соединяютъ линіей, которая очень близка къ прямой и которая служитъ для приведенія показаній даннаго спектроскопа къ шкалѣ Кирхгофа и Бунзена.

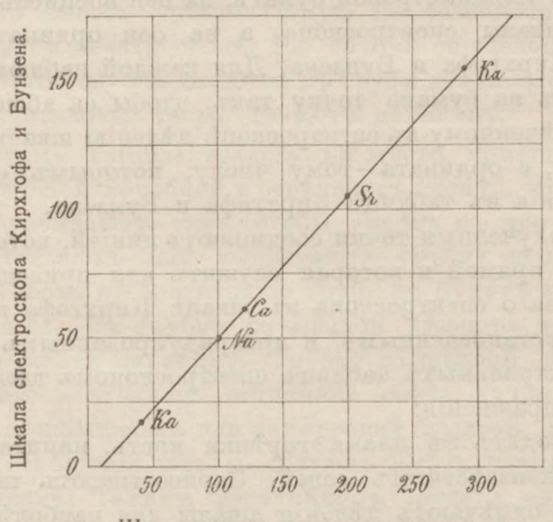
Съ установленнымъ и проградуированнымъ при помощи спектральныхъ таблицъ спектроскопомъ дѣлаютъ слѣдующія упражненія:

1. Вводятъ въ пламя горѣлки кисть, напитанную растворомъ неизвѣстныхъ солей. Зарисовываютъ полученный спектръ и отмѣчаютъ дѣленія шкалы для наиболѣе рѣзкихъ линій. Переводятъ показаніе шкалы спектроскопа при помощи полученной кривой на показанія шкалы таблицъ Кирхгофа и Бунзена. Опредѣляютъ по таблицамъ тѣ металлы, которымъ принадлежатъ найденныя линіи, и такимъ образомъ узнаютъ, какіе металлы входятъ въ испытуемый растворъ.

2. Устанавливаютъ спектроскопъ передъ окномъ наклонно такъ, чтобы его коллиматоръ былъ направленъ въ небо. Шкалу освѣщаютъ, отражая на нее при помощи плоскаго зеркала свѣтъ отъ окна. Отмѣчаютъ положеніе наиболѣе рѣзкихъ фраунгоферовыхъ линій и, справившись съ таблицами Кирхгофа и Бунзена, опредѣляютъ названія линій и металлы, пары которыхъ даютъ данныя линіи.

Примѣчаніе 1. Для одного и того же раствора слѣдуетъ брать всегда одну и ту-же кисть. Проволоку, (во избѣжаніе окисленія удобно имѣть алюминіевую), которой прикрѣплена кисть, удобно продѣть черезъ пробку, которою прикрыта баночка съ даннымъ растворомъ. На этихъ баночкахъ слѣдуетъ наклеить ярлыки: на баночкахъ съ растворами извѣстныхъ солей—ярлыки съ названіями солей, а на баночкахъ со смѣсями для задачъ—ярлыки съ номерами.

Примѣчаніе 2. Растворы хлористаго калія и бромистаго рубидія слѣдуетъ дѣлать возможно крѣпче, растворы же хлористыхъ солей стронція и литія должны быть слабыми.



Фиг. 35.

Примѣръ градуировки спектроскопа. Шкала спектроскопа имѣетъ 350 дѣленій; труба со шкалой закрѣплена такъ, что 100-е дѣленіе совпадаетъ съ натріевой линіей.

При изслѣдованіи спектровъ хлористыхъ солей *Ka*, *Ca* и *Sr* получились слѣдующіе отсчеты на шкалы:

Ka—красная линія 41; фіолетовая 282.
Na—желтая „ 100.
Ca—зеленая „ 118.
Sr—синяя „ 199.

По шкалѣ таблицъ Кирхгофа и Бунзена тѣ-же линіи характеризуются слѣдующими числами:

Ka—красная линія $17^1/_2$; фіолетовая 153.
Na—желтая „ 50.
Ca—зеленая „ 61.
Sr—синяя „ 105.

Откладывая эти данныя на координатной бумагѣ, получимъ діаграмму (фиг. 35).

А. Яницкій.

---

23. Магнитизмъ.

Распредѣленіе магнитизма въ магнитной полосѣ (способъ отрыванія).

Магнитная полоса, длиною 20—25 см. и больше, плотно обворачивается слоемъ тонкой писчей бумаги, края которой склеиваются. На бумагѣ, начиная отъ того мѣста, которое отвѣчаетъ срединѣ длины магнита, наносятъ въ обѣ стороны равно отстоящія дѣленія, приблизительно черезъ одинъ сантиметръ. Эту обклеенную бумагой и раздѣленную полосу кладутъ на подставку гидростатическихъ вѣсовъ (описаны въ статьѣ С. П. Слѣсаревскаго въ № 4 „Физич. Обозр.“ за 1910 г.) подъ укороченную ихъ чашку. Къ крючку укороченной чашки на длинной ниткѣ подвѣшиваютъ желѣзный стерженекъ (длиною въ 3–4 см. и толщиною въ 3—5 мм.). Его нижній конецъ долженъ быть на 4—5 см. ниже длинной чашки вѣсовъ. Стерженекъ предварительно уравновѣшиваютъ дробью. Вѣсы опускаютъ на столько, чтобы при вертикальномъ положеніи стрѣлки желѣзный стерженекъ отстоялъ отъ магнитной полосы на 1—2 мм. Магнитную полосу подводятъ такъ, чтобы ось стерженька при вертикальномъ положеніи той нити, на которой онъ привязанъ, пересѣкала средину срединнаго дѣленія полосы. Наклоняютъ короткую

чашку вѣсовъ и касаются стерженькомъ этой срединной полосы. Стерженекъ пристанетъ къ полосѣ. На длинную чашку вѣсовъ въ особую коробочку подсыпаютъ дроби до тѣхъ поръ, пока стерженекъ не оторвется; стерженекъ снова прикладываютъ къ тому-же мѣсту и прибавляютъ до отрыванія по одной дробинкѣ. Послѣ этого магнитную полосу убираютъ, на короткую чашку накладываютъ разновѣски и приводятъ вѣсы въ равновѣсіе. Положенный на короткую чашку грузъ даетъ намъ ту силу, которая отрываетъ желѣзный стерженекъ отъ даннаго дѣленія магнита.

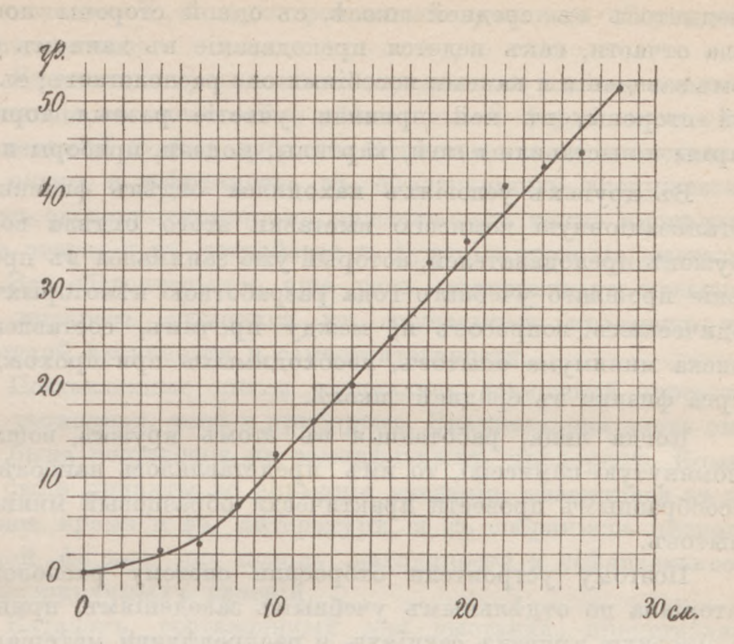
Снявши разновѣски съ короткой чашки вѣсовъ, снова подводятъ подъ нее магнитную полосу, но такъ, чтобы ось стерженька при вертикальномъ положеніи его нити прошла черезъ середину слѣдующаго дѣленія. Снова прикасаются стерженькомъ къ срединѣ этого новаго дѣленія, подбрасываютъ дробь на длинную чашку и манипулируютъ такъ, какъ и въ первомъ случаѣ. Такимъ образомъ узнаютъ отрывающую силу для второго дѣленія.

Такимъ-же путемъ узнаютъ отрывающую силу для всѣхъ дѣленій, нанесенныхъ на бумагѣ, которая обворачиваетъ магнитъ.

Всѣ полученныя данныя наносятъ на координатную бумагу, взявши за начало координатъ срединную черту магнита и откладывая на оси x-овъ длины, пропорціональныя дѣленіямъ на магнитной полосѣ, а на оси y-овъ—соотвѣтствующія отрывающія силы. Удобно считать ординаты, идущія на лѣво отъ срединной полосы, отрицательными и этимъ указать на разноименность магнитныхъ массъ въ обѣихъ частяхъ магнита.

Примѣръ. Для опыта былъ взятъ магнитъ въ 58 см. длиною. Полученные съ нимъ результаты представлены численно въ нижеслѣдующей таблицѣ и графически на фигурѣ 36-й.

Дѣленія на магнитѣ въ см.	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Отрывающіе грузы въ грам.	0,7	2,2	3,0	7,5	12,1	16,0	20,2	25,0	32,7	35,2	41,0	42,5	44,5	51,7



Кривая распредѣленія магнитизма въ половинѣ магнитной полосы.

Фиг. 36.

Наша кривая имѣетъ довольно правильный ходъ; изъ 15 наблюденныхъ точекъ 11 лежатъ на кривой, а 4—немного въ сторонѣ отъ нея. *А. Яницкій.*

Кіевъ.

Педагогическая выставка въ Ригѣ.

И. А. Челюсткина.

Отдѣлъ физики.

На Пасхальной недѣлѣ 1911 г., съ 11 по 17 апрѣля, въ г. Ригѣ, по иниціативѣ управленія Рижскаго учебнаго округа, педагогическимъ персоналомъ г. Риги была устроена выставка.

Педагогическая выставка, распредѣленная въ различныхъ учебныхъ заведеніяхъ по отдѣламъ преподаваемыхъ

предметовъ въ средней школѣ, съ одной стороны показывала отчасти, какъ ведется преподаванiе въ данномъ учебномъ заведенiи и какими пособiями оно располагаетъ; съ другой стороны, въ ней приняли участiе разныя торговыя фирмы и выставили книги, картины, модели, приборы и т. д.

Въ другихъ условiяхъ находился отдѣлъ физики. Въ организацiонную комиссiю выставки этого отдѣла вошелъ кружокъ преподавателей, который уже занимался въ продолженiе прошлаго учебнаго года разработкою нѣкоторыхъ методическихъ вопросовъ и, между прочимъ, составленiемъ списка минимума опытовъ, необходимыхъ при прохожденiи курса физики въ средней школѣ.

Когда лица, работавшiя въ этомъ кружкѣ, вошли въ упомянутую комиссiю, то имъ представлялось наиболѣе цѣлесообразнымъ провести практически образцовый минимумъ опытовъ.

Поэтому устроители отбросили систему расположенiя матерiала по отдѣльнымъ учебнымъ заведенiямъ, принятую во многихъ другихъ секцiяхъ, и распредѣлили матерiалъ по отдѣламъ физики, воспользовавшись приборами изъ различныхъ учебныхъ заведенiй. Въ общемъ, получился какъ бы образцовый физическiй кабинетъ съ готовыми опытами.

Подъ физику было отведено 6-ти классное женское городское училище, какъ оказавшееся наиболѣе приспособленнымъ для упомянутой цѣли. Большiе, свѣтлые, хорошо обставленные классы; въ каждый классъ проведены вода, газъ, электричество. Физическая выставка заняла 10 классовъ и была распредѣлена по слѣдующимъ отдѣламъ: механика, гидростатика, аэростатика, теплота, акустика, оптика, электричество и магнитизмъ. Въ каждой комнатѣ были поставлены опыты по упомянутымъ отдѣламъ.

Въ теченiе всей выставки, ежедневно съ 12 час. до 5 час. дня, всѣ опыты демонстрировались, и только тѣ, которые требовали каждый разъ сложной установки, демонстрировались ежедневно въ опредѣленный часъ.

Опыты производились и объясненiя давались не только учителями, но также и главнымъ образомъ учениками старшихъ классовъ трехъ гимназiй (Александровской, Городской

и Николаевской) и двухъ реальныхъ училищъ (Городского и Петровскаго).

Ученики съ увлеченіемъ показывали опыты и давали объясненія въ понятной и убѣдительной формѣ всегда переполнявшей отдѣлъ публикѣ. Отвѣтственность за поставленный опытъ и увѣренность въ объясняемомъ воодушевляли юныхъ экспериментаторовъ, положившихъ также много усердія и старанія въ устройство и функціонированіе выставки.

Это обстоятельство еще разъ подчеркивало повышенный интересъ учащихся къ изучаемому предмету при извѣстной активности и самостоятельности.

Поставленные опыты отличались возможной простотой какъ установки, такъ и приборовъ. Значительная часть опытовъ была поставлена на самодѣльныхъ приборахъ. Комиссіей были приняты во вниманіе указанія, дѣлавшіяся въ послѣднее время и въ литературѣ, и въ собраніяхъ преподавателей физики, по поводу наглядности и убѣдительности демонстрируемыхъ явленій.

Каталогъ, составленный для выставки, представлялъ собою списокъ опытовъ, а также—приборовъ и предметовъ или препаратовъ, необходимыхъ для каждаго даннаго опыта. Опыты были пронумерованы римскими цифрами, а приборы—арабскими. Такимъ образомъ любой опытъ и приборъ легко могли быть найдены. Такой каталогъ, какъ намъ кажется, могъ-бы оказать нѣкоторую услугу преподавателямъ физики и въ послѣдующее время, какъ указатель минимума необходимыхъ опытовъ и приборовъ.

Число основныхъ опытовъ было поставлено по отдѣламъ слѣдующее: 1) по механикѣ—21; 2) при изложеніи ученія о покоющихся жидкостяхъ—15; 3) при изложеніи ученія о газахъ—17; 4) при изложеніи свѣдѣній о молекулярныхъ явленіяхъ—12; 5) по теплотѣ—38; 6) по звуку—21; 7) по свѣту—44; 8) по электричеству и магнитизму—55.

Въ одномъ изъ классовъ были выставлены приборы, еще не вошедшіе въ систематическій курсъ, но представляющіе тотъ или другой интересъ для преподавателей физики. И здѣсь всѣ приборы были поставлены готовыми для экспериментированія, такъ что всякій желающій могъ ознакомиться не только съ устройствомъ прибора, но и съ его

дѣйствіемъ. Отмѣтимъ нѣкоторые изъ этихъ приборовъ: 1) электрофорная машина Ваммельсдорфа; 2) электрометръ по Гримзелю и графитовый проводникъ; 3) трубки Винкельмана и Вилляра; 4) наборъ приборовъ для опыта Герца; 5) модель безпроволочнаго телеграфа; 6) призма Амичи à vision directe; 7) приборъ Меллони для лучистой теплоты; 8) приборы Гримзеля по оптикѣ; 9) лампы „лилипутъ“ для перемѣннаго и постояннаго токовъ и др. Въ этой-же комнатѣ были выставлены приборы, конструированные преподавателями, и снимки цвѣтной фотографіи—также работы преподавателей.

Въ виду того, что теперь приходится знакомить учащихся съ рентгеновскими лучами, катодными лучами, явленіями электрическаго резонанса и элекромагнитныхъ волнъ, не успѣвшими еще, однако, войти въ оффиціальныя программы, на выставкѣ въ особомъ помѣщеніи, присобленномъ для упомянутой цѣли, демонстрировались и эти явленія. Въ виду общаго интереса къ этимъ явленіямъ въ этомъ-же помѣщеніи читались ежедневно популярныя лекціи о рентгеновскихъ, катодныхъ лучахъ, объ опытахъ Тесля. Эти лекціи сопровождались хорошо обставленными демонстраціями.

При секціи были устроены собранія преподавателей физики для обмѣна мнѣній по вопросамъ методическаго характера, а также въ теченіе выставки учеными спеціалистами были прочитаны лекціи и предложены демонстраціи: 1) „О преподаваніи физики въ средней школѣ“—лекція проф. А. И. Садовскаго; 2) „Радій“—демонстрація проф. П. И. Вальдена; 3) „Ультрамикроскопъ“—демонстрація доцента фонъ-Антропова; 4) „Броуновское движеніе и размѣры молекулъ“—докладъ доц. Р. I. Свине; 5) „Жидкій воздухъ“—демонстрація проф. М. Г. Центнершвера; 6) „Демонстрація новѣйшихъ спектроскопическихъ приборовъ и явленій люминисценціи—доцента Фишера.

Особое мѣсто было удѣлено ученическимъ работамъ. Эта часть физической выставки представлена была очень интересно. Этотъ отдѣлъ всецѣло былъ предоставленъ въ распоряженіе учениковъ, предложившихъ самодѣльные приборы для выставки. Здѣсь приходилось удивляться и радо-

ваться изобрѣтательности и творчеству молодыхъ физиковъ-любителей. Изъ всѣхъ отдѣловъ были представлены приборы, сдѣланные учениками. Но наибольшее число приборовъ относилось къ электричеству, вслѣдствіе естественно приподнятаго интереса учащихся къ этому отдѣлу. Выставлялись только такіе приборы, на которыхъ могли быть произведены опыты. Наибольшее число приборовъ было выставлено отъ Юрьевской Александровской гимназіи, затѣмъ— отъ Рижской городской гимназіи, Либавскаго реальнаго училища [1]) и отъ Рижскаго городского реальнаго училища.

Отмѣтимъ наиболѣе интересныя ученическія самодѣльные приборы: электрофорная машина изъ грамофонныхъ пластинокъ, дающая искру до 10 см.; машина тренія изъ богемскаго стекла съ кондукторомъ очень большихъ размѣровъ, хорошо дѣйствующая; легко заряжающіяся машины тренія изъ пивныхъ бутылокъ (2 экз.); гибкая сѣтка на изолированныхъ ножкахъ для доказательства распредѣленія электричества на поверхности; лейденскія банки изъ химическихъ стакановъ и банокъ; электрофоры; наборъ 12 электрическихъ элементовъ (собственнаго изобрѣтенія) для гальванопластики, освѣщенія и заряженія аккумулятора (соотвѣтствующая установка); вертикальные гальванометры; вывѣренные вольтметры и амперметры; реостатъ; коммутаторъ; микрофонъ съ телефонной трубкой Беля; индукціонныя катушки съ искрой отъ 1 до 4 см. (3 экз.); электромоторы (3 экз.); динамомашина (вѣсомъ 3 пуд.), дающая 110 вольтъ и 10 амперовъ, могущая питать 40 лампъ, будучи приведена въ движеніе моторомъ въ 3 лошадиныя силы; очень чувствительная модель безпроволочнаго телеграфа; приборъ для электродинамическихъ и индукціонныхъ опытовъ и др.

Отмѣтимъ изъ ученическихъ работъ еще трансформаторъ, замѣняющій катушку Румкорфа, питаемый перемѣннымъ токомъ изъ городской сѣти, и при немъ—маслянный трансформаторъ для опытовъ Тесля, причемъ, вмѣсто лейденскихъ банокъ, въ подставкѣ маслляннаго трансформатора помѣщенъ плоскій конденсаторъ. Этимъ приборомъ—по изя-

[1]) При упомянутыхъ гимназіяхъ существуютъ ученическіе физико-математическіе кружки, а въ Либавскомъ реальномъ училищѣ введены практическія занятія по физикѣ.

ществу и портативности превосходящимъ приборы фабричнаго производства—пользовались ежедневно во время упомянутыхъ лекцій и съ помощью его производились опыты Тесля. Были еще выставлены сдѣланныя учениками летающія модели аэроплановъ и подвѣсной системы электрическая дорога съ движущимся вагономъ.

Центръ тяжести выставки, конечно, находился въ той части, гдѣ былъ выставленъ образцовый минимумъ опытовъ, представлявшій собою какъ-бы подобіе образцоваго физическаго кабинета. Помимо своей непосредственной задачи этотъ отдѣлъ, хотя кратковременно функціонировавшій, укрѣплялъ мысль, что организація образцовыхъ физическихъ кабинетовъ не только желательна, но возможна и доступна при каждомъ учебномъ округѣ.

Рига.

Хроника.

1. *Радіоактивныя вещества въ Россіи.* I. За послѣднія шесть-семь лѣтъ радій и радіоактивныя вещества заняли доминирующее мѣсто въ химической наукѣ.

Рѣдкая книжка спеціальныхъ и общихъ журналовъ не обходится безъ статьи по этой новой научной отрасли. Впрочемъ, нужно отмѣтить, что большинство статей посвящены радію, имѣющему большой научный и очень незначительный практическій интересъ. Радіоактивнымъ же веществамъ, ванадію и урану, посвящается крайне мало времени и вниманія. А между тѣмъ первый служитъ основой цѣлой отрасли желѣзодѣлательной промышленности, а второй — красильной.

Очевидно, желая выполнить эти пробѣлы, Академія Наукъ командировала нѣсколько времени назадъ въ Ферганскую область геолога, профессора Вернадскаго, для изученія на мѣстѣ радіоактивныхъ веществъ.

Въ данномъ случаѣ произошло то, что попадается у насъ на каждомъ шагу: высшее научное учрежденіе Имперіи, призванное идти во главѣ научнаго прогресса, оказалось въ хвостѣ его. Оно принялось за изученіе вопроса въ то время, когда онъ уже разбработанъ въ значительной мѣрѣ

частными предпринимателями, и когда въ С.-Петербургѣ уже цѣлый рядъ лѣтъ функціонируетъ „Заводъ Ферганскаго общества для добыванія рѣдкихъ металловъ“.

„Рѣдкіе металлы“ — ванадій и уранъ — радіоактивныя вещества давно извѣстны химіи.

Уже въ 1801 г. химикъ Дель-Ріо открылъ въ мексиканской свинцовой рудѣ новый элементъ, названный имъ „эритроніемъ“. При ближайшемъ изслѣдованіи оказалось, что свойства эритронія во многомъ походятъ на свойства хрома, благодаря чему на химика посыпались насмѣшки. Его обвиняли въ невѣжествѣ, недобросовѣстности и даже въ желаніи новымъ открытіемъ снискать себѣ популярность.

И только тридцать лѣтъ спустя Зельфстремъ открылъ ванадій въ шведскомъ желѣзѣ, а Берцеліусъ подтвердилъ открытіе ванадія, оказавшагося при болѣе тщательномъ изслѣдованіи эритроніемъ Дель-Ріо.

При изслѣдованіи этой же руды былъ найденъ и другой, неизвѣстный до тѣхъ поръ элементъ—уранъ.

Оба найденные элемента долгое время не имѣли никакого практическаго значенія. И только въ концѣ прошлаго вѣка, когда у техниковъ явилась острая потребность въ крѣпкихъ сортахъ стали, металлурги занялись ванадіемъ. Опытъ съ нимъ далъ поразительные результаты. Ванадіева сталь смѣнила марганцевую и никкелевую, и можно смѣло сказать, успѣхи автомобильнаго дѣла и постройки судовыхъ машинъ всецѣло обязаны появленіемъ на рынкѣ этого рода стали. Въ настоящее время она примѣняется и въ авіаціонной техникѣ.

Потребность въ ванадіи заставила промышленниковъ заняться разработкой рудъ, содержащихъ этотъ элементъ. Одинъ за другимъ открылись въ Перу и Колорадо „заводы для добыванія рѣдкихъ металловъ“.

Разработка руды совершалась по общимъ правиламъ горнаго искусства; выработка же металловъ изъ рудъ обходилась такъ дорого, что оба завода вскорѣ должны были прекратить свое существованіе. Вѣдь ванадія въ колорадской рудѣ содержалось только 2,6 проц.

Нѣсколько позднѣе были устроены такіе же заводы въ Богеміи и Швеціи. Но и они, благодаря бѣдности руды ва-

надіемъ, влачатъ и до сихъ поръ крайне жалкое существованіе.

Въ научномъ же отношеніи эти руды сыграли выдающуюся роль. Изслѣдуя ванадіево-урановую руду, Беккерель нашелъ, что она отличается особымъ, доселѣ не замѣченнымъ свойствомъ—радіоактивностью. Лучи, испускаемые этой рудой, способны дѣйствовать на фотографическую пластинку сквозь алюминіевую жесть; они проникаютъ сквозь дерево, металлы, черную бумагу, каучукъ и обладаютъ способностью разсѣивать электрическіе разряды.

Изучая подробнѣе радіоактивныя свойства ванадіево-урановой руды, супруги Кюри пришли къ заключенію, что „радіоактивность" является слѣдствіемъ присутствія въ рудѣ особаго элемента—радія. Его постоянные, неизмѣнные спутники—ванадій и уранъ, которымъ онъ и передаетъ часть своей радіоэнергіи, причемъ первый получаетъ ея больше, чѣмъ второй. Это свойство рѣдкихъ металловъ—воспринимать отъ радія его энергію—послужило основаніемъ для измѣренія радіоактивности. За единицу радіоактивности условно принята урановая пластинка. Приборъ, помощью котораго измѣряется энергія этого рода, по принципу напоминаетъ собою электроскопъ. Стрѣлка, отклоняющаяся вдоль шкалы, указываетъ въ урановыхъ единицахъ энергію изслѣдуемаго радіовещества.

Богемская руда, съ которой работали супруги Кюри, показывала отклоненіе на 74—75 дѣленій, что, по приблизительному подсчету, даетъ содержаніе 1 грамма чистаго радія въ 18,000 пудахъ руды.

Все растущая потребность въ ванадіевой стали заставила западно-европейскихъ промышленниковъ искать новыхъ залежей этой руды.

Въ августѣ мѣсяцѣ минувшаго года англійскому инженеру Марчу удалось найти „самыя богатыя въ мірѣ", какъ тогда сообщали, залежи ванадіево-урановой руды. По процентному содержанію ванадія руда раза въ полтора превосходила богемскую, радіоактивность же ея достигала 118 дѣленій, т. е. одинъ граммъ радія содержался въ 11,000 пуд.

Отнынѣ, по словамъ газетъ, цѣна на безконечно дорогой радій должна упасть по меньшей мѣрѣ въ три раза

Одинъ граммъ радія вмѣсто прежнихъ 150,000 руб. теперь станетъ обходиться не болѣе, чѣмъ въ 50,000 руб.

II. Шумиха, поднятая иностранными газетами вокругъ открытой Марчемъ въ Португаліи руды, еще разъ показала, какъ мало знакома Западная Европа съ русскими естественными богатствами, и какъ недалеко позади осталось то время, когда „знатные иностранцы отдыхали подъ тѣнью клюквы".

Въ Россіи уже нѣсколько лѣтъ назадъ началась эксплоатація радіо-руды, по своему богатству во много разъ превышающей и богемскую, и шведскую, и вновь открытую португальскую. Ее-то изслѣдовать и поѣхалъ проф. Вернадскій.

Ферганская руда уже давно была извѣстна китайцамъ, которые пользовались ею для выплавки мѣди. По всей вѣроятности отъ нихъ-то и узналъ о существованіи этихъ залежей русскій инженеръ Палашковскій, работавшій по орошенію среднеазіатскихъ владѣній.

Заинтересовавшись ею, онъ отправилъ руду для изслѣдованія въ С.-Петербургъ, и нынѣ покойный проф. Антиповъ, сдѣлавъ анализъ, сообщилъ Палашковскому, что разрабатывать руду для добыванія мѣди нѣтъ никакого смысла. Въ ней содержится въ худшемъ случаѣ 7—8 проц. ванадія; въ отдѣльныхъ же случаяхъ процентное содержаніе его доходитъ до 14—15 проц. Соотвѣтственно такому содержанію ванадія и радіоактивность руды колеблется въ предѣлахъ отъ 200—225 дѣленій по урановому эталону. Такимъ образомъ одинъ граммъ радія можетъ быть выдѣленъ maximum изъ 6,000 пудовъ руды.

Можно себѣ представить цѣнность руды, если принять во вниманіе, что стоимость ванадія раза въ 2½—3 превышаетъ стоимость золота. Уранъ же, рыночная цѣна котораго еще выше, содержится въ рудѣ въ количествѣ 3—4 и даже 6 проц.

Нѣмецкіе горные инженеры говорятъ: если руда содержитъ меньше 4 проц. мѣди, то нужно подумать, стоитъ ли ее разрабатывать. При большемъ содержаніи нечего и думать: разработка такой руды всегда выгодна.

И съ этой стороны русская радіоактивная руда стоитъ внѣ конкуренціи: мѣдь, прельстившая инженера Палашковскаго, содержится въ ней въ количествѣ не менѣе 7 проц.

Всѣ эти условія заставили Палашковскаго заарендовать участокъ земли въ Ферганской области.

Застучали кирки и молотки, и тамъ, гдѣ не было даже усилія, со сказочною быстротою выросъ рудникъ. Изъ Ферганской области потянулись въ С.-Петербургъ безконечные транспорты радіоактивной руды.

Устроить заводъ на мѣстѣ добыванія руды оказалось невыгоднымъ. Для выдѣленія изъ руды ванадія и урана требовалась въ неимовѣрномъ количествѣ соляная кислота. По близости—ни въ прилегающихъ губерніяхъ Европейской Россіи и Сибири, ни въ Средней Азіи—нѣтъ заводовъ, вырабатывающихъ этотъ продуктъ. Его приходилось бы выписывать изъ Москвы, Риги или Петербурга. Поэтому-то нашли болѣе выгоднымъ устроить заводъ въ Петербургѣ. За это говорило еще и слѣдующее соображеніе: въ Россіи не умѣютъ выдѣлывать ванадіевой стали. Привилегія этого производства принадлежитъ Германіи, куда заводъ Ферганскаго общества и отправляетъ свои фабрикаты. Пересылать же ихъ морскимъ путемъ изъ С.-Петербурга гораздо дешевле, чѣмъ изъ Средней Азіи.

На заводѣ добывается только сырье. Многіе цѣнные продукты, вродѣ радія и урана, не добываются. Не растворимые въ кислотахъ остатки съ высокимъ процентнымъ содержаніемъ радія переправляются въ Парижъ, въ Пастеровскій институтъ, откуда уже расходятся по научнымъ химическимъ и терапевтическимъ лабораторіямъ.

(„Новое Время“, №№ 12626 и 12627, 1911 г.).

Библіографія.

1. А. В. Цингеръ. Начальная физика. Первая ступень. 2-е изданіе съ исправленіями и дополненіями. Книгоиздательство В. М. Саблина. Москва. 1911 г. Стр. I—XXII+523. Ц. 2 р.

Появленіе „Начальной физики“ вторымъ изданіемъ въ короткій срокъ ясно свидѣтельствуетъ о томъ, какъ велика у насъ потребность въ оригинальныхъ курсахъ физики. Къ

книгѣ приложенъ проспектъ по образцу тѣхъ, какіе приняты за границей, съ отзывами печати, съ образцами рисунковъ, чертежей и виньетокъ. Въ этихъ отзывахъ выяснены достоинства и характеръ книги. Изъ этого проспекта явствуетъ, что она принята многими весьма сочувственно; она того заслуживаетъ и по нашему мнѣнію.

Написана она хорошимъ языкомъ и содержательна, хотя и представляетъ изъ себя первую ступень; нѣкоторые учебники, даже назначенные для средней школы, при своей расплывчивости менѣе содержательны. Ясно чувствуется кромѣ того, что книгу писалъ физикъ и педагогъ, а не только преподаватель физики; писалъ не для того лишь, чтобы однимъ учебникомъ было больше, а вложилъ частицу своей души.

Авторъ предпослалъ своей книгѣ предисловіе для преподавателей. Оно заключаетъ въ себѣ нѣсколько поучительныхъ анекдотовъ, которые читаются съ удовольствіемъ, но, къ сожалѣнію, отличается, выражаясь по манерѣ автора, нѣкоторой многогранностью, такъ что цѣльнаго впечатлѣнія не получается. Но въ предисловіи высказаны нѣкоторые взгляды (иногда довольно выразительно), на которыхъ мы и желали-бы подробнѣе остановиться.

По всей вѣроятности авторъ смотритъ на свою книгу, какъ на учебникъ. Едва-ли, однако, будетъ вѣрно считать курсъ А. В. Цингера подходящимъ учебникомъ для школы. Скорѣе его слѣдуетъ рекомендовать въ качествѣ изящнаго пособія для домашняго чтенія учениковъ, какъ добавленіе къ учебнику и какъ источникъ матеріала, которымъ можетъ воспользоваться учитель при классномъ преподаваніи.

Учебникъ долженъ давать лишь-то, что надлежитъ выучить; давать въ цѣлесообразной полнотѣ, но сжато, безъ излишнихъ повтореній, въ точной формѣ, въ хорошей системѣ и безъ уклоненій въ сторону,—хотя-бы и на первой ступени. Этого требуетъ экономія рабочаго времени и силъ ученика и серьезность предмета. Конечно, такое условіе неизбѣжно ведетъ къ нѣкоторой сухости и трудности изложенія и исключаетъ тѣ украшенія, какіе есть у Цингера, какъ напримѣръ: историческія замѣтки, послѣсловіе и даже тѣ интересныя и содержательныя виньетки, какими богата книга.

Урокъ преподавателя долженъ имѣть оригинальную физіономію, и учебникъ не долженъ связывать его въ этомъ направленіи; нельзя преподавать по шаблону, какъ-бы онъ хорошъ ни былъ; методъ и методическіе пріемы нельзя сдѣлать обязательными. „Начальная физика“ Цингера слишкомъ идивидуальна для учебника. Но параллельно съ учебникомъ должны существовать такія пособія, которыя, какъ эта книга, помогаютъ учебнику, расширяютъ его, иногда поясняютъ, скрашиваютъ, разнообразятъ. Эти пособія, такъ сказать, служатъ преподавателю помощниками, но не могутъ его замѣнить также, какъ и учебникъ. Хорошимъ учебникомъ можно, напримѣръ, считать курсъ Гримзеля, появившійся въ прошломъ году (*E. Grimsehl.* Lehrbuch der Physik für Realschulen. Leipzig und Berlin. 1911. Verlag von Teubner), а „Начальную физику“ Цингера мы склонны считать хорошимъ пособіемъ, если исправить въ ней нѣкоторые промахи, которые въ новой книгѣ извинительны. Намъ кажется, что если-бы при дальнѣйшихъ изданіяхъ авторъ не стремился къ универсальности, стараясь сочетать и учебникъ, и пособіе, а развилъ-бы больше ту сторону, которая болѣе цѣнна, то это только развязало-бы ему руки, а его книга отъ этого выиграла бы и пригодилась-бы во всякой школѣ и при всякой программѣ.

Авторъ рѣшительно заявляетъ себя сторонникомъ концентрическаго метода обученія и полагаетъ, что въ средней школѣ цѣлесообразно построить курсъ физики по схемѣ двухъ концентровъ, распредѣливши его въ 4-хъ старшихъ классахъ по два недѣльныхъ часа на классъ. Первый концентръ представляется его книгой, „первой ступенью“.

На страницѣ VIII-й предисловія читаемъ: „Популярный въ настояшее время девизъ: преподаваніе физики, какъ естественной опытной науки, должно всецѣло опираться на опытъ“, есть несомнѣнная односторонность, хотя, можетъ быть, и наилучшая изъ педагогическихъ односторонностей“.

Далѣе авторъ развиваетъ это положеніе, и можно, пожалуй, съ нимъ согласиться. Мы прибавили-бы только въ подтвержденіе мысли автора, что физика, хотя и естественная наука, представляетъ изъ себя въ значительной мѣрѣ науку философскую въ лучшемъ смыслѣ этого слова и стоитъ

очень близко къ математикѣ, которою физика въ научной работѣ и пользуется въ полномъ объемѣ. По сей между прочимъ причинѣ мы сказали-бы также, что увлеченіе концентрическимъ методомъ въ физикѣ, или лучше сказать неправильное его примѣненіе, есть тоже несомнѣнная педагогическая односторонность.

Было-бы довольно страннымъ въ средней школѣ такое концентрическое изученіе элементарной геометріи, какое въ настоящее время стремятся внести въ физику, потому что въ геометріи возможна стройная система, и это является въ ней самымъ цѣннымъ, какъ въ учебномъ предметѣ, и дѣлаетъ ее первостепеннымъ факторомъ умственнаго развитія. Это не исключаетъ тѣмъ не менѣе возможности и полезности начальнаго знакомства съ геометріей въ приготовительномъ или первомъ классѣ, которое было-бы очень желательно. Физикѣ, хотя и въ значительно меньшей степени, свойственъ тотъ-же характеръ строгой дисциплины, допускающей нѣкоторую стройность и систематичность, если не въ цѣломъ, то въ отдѣльныхъ ея частяхъ. Поэтому весь курсъ физики въ старшихъ классахъ средняго учебнаго заведенія долженъ представить изъ себя по нашему мнѣнію одинъ концентръ, а не два. Но безусловно необходимъ первый концентръ въ младшихъ классахъ, въ курсѣ природовѣдѣнія.

Ясно, что туда необходимо вынести все то, о чемъ, признаться по правдѣ, смѣшно уже элементарно говорить въ старшихъ классахъ и даже въ среднихъ. Напримѣръ: термометръ, многія тепловыя явленія, равно какъ вообще элементарныя части изъ всѣхъ отдѣловъ физики. Нормально развивающійся ученикъ средней школы знакомится въ окружающей его средѣ, въ книгахъ и даже въ другихъ учебныхъ предметахъ съ этими вещами значительно раньше, чѣмъ начинаютъ ихъ преподавать въ курсѣ физики. Извѣстно, я думаю, многимъ преподавателямъ, какъ толпятся малыши около дверей физическаго кабинета, и какіе вопросы они предлагаютъ учителю физики, если онъ съ ними держится доступно. Извѣстно также и то, какъ неловко бываетъ въ старшемъ классѣ показывать простые, чисто дѣтскіе, но тѣмъ не менѣе основные опыты, и какое при томъ бываетъ настроеніе въ классѣ. Странное положеніе физики въ сред-

ней школѣ по сравненію съ положеніемъ математики и другихъ предметовъ объясняется тѣмъ, что физика въ теченіе нѣсколькихъ послѣднихъ десятковъ лѣтъ развилась и проникла въ жизнь настолько быстро и глубоко, что педагоги не могутъ поспѣть съ необходимой реформой и не могутъ еще признать, что съ физикой и химіей надо знакомить съ перваго класса.

Кромѣ того, если начать физику съ 4-го или 5-го класса и расположить ее въ два концентра подрядъ, не слѣдуетъ забывать и того, что большинству предстоитъ еще третій смежный концентръ на первыхъ курсахъ высшей школы. А это уже слишкомъ много концентровъ не только для физики, но и для любого предмета.

Юноши уже не дѣти, къ нимъ надо относиться серьезнѣе. Въ старшихъ классахъ они обладаютъ достаточнымъ развитіемъ, чтобы плодотворно проработать довольно солидный курсъ безъ такихъ концентровъ, которые вносятъ лишнюю скуку, мѣшаютъ цѣльности и ведутъ къ вредному переучиванію одниxъ и тѣхъ-же вещей сначала въ нарочито испорченномъ, упрощенномъ, а потомъ въ правильномъ видѣ. Подобными ступенями и излишней элементарностью создаются такіе типы, о которыхъ говоритъ авторъ въ своемъ предисловіи. Простое повтореніе съ дополненіями и обобщеніями, отъ котораго никакіе концентры не избавятъ, въ данномъ случаѣ далеко плодотворнѣе.

Переходя къ самому курсу ограничимся немногими замѣчаніями.

Первая глава намъ кажется несоразмѣрно обширной. Представляя изъ себя какъ-бы введеніе въ физику, она слишкомъ долго держитъ читателя на предметахъ, между которыми трудно уловить естественную связь, что довольно невыгодно въ педагогическомъ отношеніи. Этимъ обыкновенно страдаютъ наши учебники физики. Пріятно было-бы, если-бы авторъ въ послѣдующихъ изданіяхъ отрѣшился отъ этой рутины и распредѣлилъ нѣкоторые параграфы по другимъ отдѣламъ, ограничившись лишь тѣмъ, что относится къ основнымъ величинамъ и ихъ измѣренію.

Казалось-бы не лишней отдѣльная глава, посвященная свойствамъ твердаго тѣла, краткій очеркъ химическихъ свѣдѣній, а можетъ быть, и глава о молекулярныхъ явленіяхъ.

Въ предисловіи авторъ ополчается (стр. XI) противъ выраженія „линза съ длиннымъ фокусомъ". Намъ кажется, что въ этомъ выраженіи еще нѣтъ большой бѣды, и что это лишь довольно распространенная и удобная манера говорить, отъ которой трудно отрѣшиться. Самъ авторъ говоритъ „объективъ короткофокусный" (стр. 488) и даже „камера съ постояннымъ фокусомъ" (стр. 487).

Въ примѣчаніи на стр. 485 говорится, что слово флуоресценція происходитъ отъ названія минерала ф л у о р а, на которомъ явленіе было подмѣчено. Флюоръ это фторъ, а минералъ флюоритъ, плавиковый шпатъ.

Въ примѣчаніи на стр. 221 говорится, что Рихманъ (1711—1753 гг.)—профессоръ Петербургскаго университета. Петербургскій университетъ основанъ въ началѣ 19-го столѣтія.

Вообще, примѣчанія слѣдовало-бы пересмотрѣть. На другихъ подобныхъ досадныхъ недосмотрахъ мы останавливаться больше не будемъ.

На стр. 427 сказано, что самые простые опыты убѣждаютъ насъ въ томъ, что свѣтъ распространяется прямолинейно, и въ поясненіе приводится рисунокъ опыта (рис. 457); свѣча видна, если отверстія въ двухъ экранахъ расположены на прямой, соединяющей свѣчу съ глазомъ. Это весьма обычное заблужденіе, что такъ доказывается прямолинейное распространеніе свѣта. Мы спросимъ, какъ установить свѣчу, два отверстія и глазъ на одной прямой линіи? Вѣрно-же собственно обратное: если свѣча видна сквозь отверстія, то отверстія расположены на прямой, соединяющей свѣчу съ глазомъ, такъ какъ свѣтъ распространяется прямолинейно.

Въ § 48 авторъ старается выяснить различіе между массою и вѣсомъ и вдается въ то вредное многословіе, которое сильно мѣшаетъ ясности, и допускаетъ такія вещи, какъ напримѣръ: „за единицу массы принимаютъ массу 1 gr. воды (при 4° С.)" стр. 94.

Раньше того на стр. 35 дано, что одинъ граммъ равенъ вѣсу воды въ объемѣ кубическаго сантиметра. Болѣе

точное опредѣленіе дано на стр. 50: граммъ есть вѣсъ, равный вѣсу одного кубическаго сантиметра воды при 4° С. Этимъ точность въ первомъ концентрѣ ограничивается, хотя на стр. 94 говорится, что вѣсъ различенъ на различныхъ разстояніяхъ отъ центра земли, и потому одно и то-же тѣло можетъ имѣть различный вѣсъ, смотря потому, гдѣ оно находится, что и пояснено достаточно примѣрами. Возможно, что и во второмъ концентрѣ еще не будетъ полнаго опредѣленія, кое-что останется на третій.

Еще въ томъ-же родѣ: говорится, что работа выражается произведеніемъ силы на путь, и ни слова о томъ, что въ такомъ разѣ ихъ направленія должны совпадать.

Особая-же концентрическая виртуозность достигается въ химическихъ формулахъ, при изложеніи примѣровъ электролиза въ § 185. А. В. Цингеръ не вноситъ въ свою книгу ни главы, ни даже параграфа, посвященнаго хотя-бы краткому знякомству съ простѣйшими химическими явленіями, а тѣмъ болѣе съ химическими формулами. Тѣмъ не менѣе онъ разбираетъ вторичныя явленія при электролизѣ растворовъ сѣрной кислоты, іодистаго калія и сѣрнокислаго натра и пишетъ чудовищныя словесныя схемы взамѣнъ химическихъ формулъ, причемъ, опуская числа, допускаетъ этимъ натяжки, совершенно искажающія смыслъ (стр. 341).

Главное значеніе концентрическаго метода въ томъ и заключается, по нашему мнѣнію, что, примѣняя его къ предмету, не допускающему послѣдовательнаго и систематическаго изложенія, мы избѣгаемъ на первой ступени такихъ мѣстъ, которыя не могутъ быть выражены достаточно точно и ясно безъ знанія чего либо раньше не изложеннаго. Такіе-же образцы, какъ здѣсь приведенные, не говорятъ въ пользу того концентрическаго расположенія, какое проводитъ авторъ.

Кіевъ. *А. Любанскій.*
